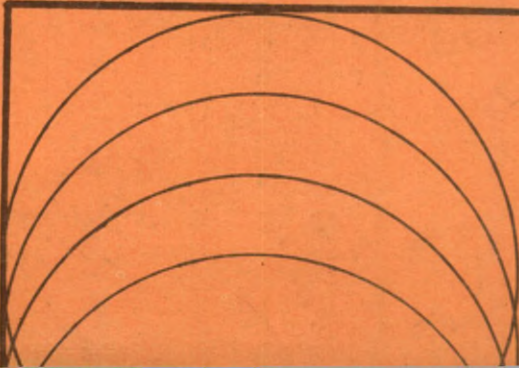


# ÜLDFÜÜSIKA ÜLESANNETE KOGU



N<sup>x</sup>  
NA-2488

TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL

Üldfüüsika kateeder

---

# ÜLDFÜÜSIKA ÜLESANNETE KOGU

Mehaanika. Molekulaarfüüsika

Neljas, täiendatud ja parandatud trükk

---

TARTU 1981

Kinnitatud füüsika-keemiateaduskonna  
nõukogus 18. aprillil 1980.a.

Koostanud O. Mankin

### Essõna

Käesolev ülesannete kogu on koostatud TRÜ väljaande "Üldfüüsika ülesannete kogu" (3. trükk, 1974) esimese ja teise osa baasil ning on mõeldud Tartu Riikliku Ülikooli füüsika-keemiateaduskonna ja matemaatikateaduskonna üliõpilastele. Kogu kasutajateks võivad olla ka teiste kõrgemate õppeasutuste üliõpilased, kellele õpetatakse füüsikat kõrgema matemaatika baasil. Kõikide ülesannete puhul ei ole viimane eeldus oluline ning vajaduse korral saab kogust teha niisuguse valiku, mis sobiks ka sellise eriala üliõpilastele, kelle füüsikakursus on suhteliselt väikese ulatusega.

Koostaja avaldab sügavat tänu E. Kelgule ja J. Salmile käsikirja läbivaatamise ja tehtud märkuste eest, mis käsikirja viimistlemisel ka arvesse on võetud.

Tartu Riikliku Ülikooli  
Raamatukogu  
N

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ.  
Механика. Молекулярная физика.  
Издание 4-е, доп. и исправл.  
Составитель Ольга Манкин.  
На эстонском языке.  
Тартуский государственный университет.  
СССР, 202 400, г.Тарту, ул.Университетская, 18.  
Vastutav toimetaja J. Salm.  
Korrektor L. Jago.  
Paljundamisele antud 16.01.1981.  
Formaat 30x42/4.  
Rotaatoripaber.  
Masinakiri. Rotaprint.  
Tingtrükipoognaid 6,74.  
Arvestuspöognaid 5,26. Trükipoognaid 7,25.  
Trükiarv 1500.  
Tell. nr. 67.  
Hind 15 kop.  
TRÜ trükikoda, ENSV, 202400 Tartu, Pääsoni t. 14.



# I. Mehaanika

## 1. Sirgjoonelise liikumise kinemaatika

1. Millise keskmise kiirusega liiguvad mootori kolvid, kui nende käigu ulatus on 70 mm ning mootor teeb 3600 pööret minutis?
2. Määrata auto keskmine kiirus, kui ta liikus 1) esimese poolaja kiirusega 60 km/h ning teise poolaja kiirusega 30 km/h, 2) esimese poole teekonnast kiirusega 60 km/h ning teise poole kiirusega 30 km/h.
3. 1) Auto läbib teekonna pikkusega 120 km nii, et 90 km ulatuses on tema kiirus 40 km/h ning ülejäänud 30 km-l 60 km/h. Kui kaua kestab sõit, kui arvata juurde veel 10-minutine peatus?  
2) Teine kord sõidab auto sama tee samuti kahe erineva kiirusega: ühel teelõigul 40 km/h ja teisel 60 km/h, kuid kogu tee läbimiseks kulub tal 2 h 25 min. Määrata nende teelõikude pikkused.
4. Maanteest 500 m kaugusel sellega paralleelselt asetsevas majas istub inimene ning vaatleb maanteed läbi 0,5 m laiuse akna, olles ise toa sügavuses 2 m kaugusel aknast. Kui suure kiirusega sõidab jalgrattur mööda maanteed, kui see vaatleja näeb teda 15 s jooksul?
5. Kahe samal jõel oleva sadama vahel, mille vahemaa on 100 km, kurseerib kaater. Kaater läbib sadamastevahelise tee pärivoolu 4 tunniga ning vastuvoolu 10 tunniga. Määrata jõe voolu kiirus ning kaatri kiirus vee suhtes.
6. Kas kulub ühepalju aega selleks, et läbida paadiga mingi kindla pikkusega tee 1) seisvas vees ja 2) mööda jõge edasi-tagasi (päri- ja vastuvoolu), kui paadi liikumise kiirus vee suhtes on 5 km/h ning jõe voolu kiirus 2 km/h?
7. Paat liigub jõevee suhtes kiirusega 2 m/s risti vooluga. Voolu kiirus on 1 m/s. Määrata paadi liikumise



kogu kiirus ja selle suund jõe kallaste suhtes.

8. Paat liigub risti jõevooluga kiirusega  $7,2 \text{ km/h}$  vee suhtes. Jõe laius on  $0,5 \text{ km}$ . Jõe ületamisel kannab vool paadi  $150 \text{ m}$  allavoolu. Määrata 1) voolu kiirus, 2) jõe ületamise aeg.
9. Millise nurga all voolu suhtes peab sõudja hoidma paati, et sõita risti üle jõe, kui voolu kiirus on  $0,8 \text{ m/s}$  ning paadi kiirus vee suhtes  $1,6 \text{ m/s}$ ? Milline on paadi kogu-kiirus?
10. Millise kiirusega ja missuguses suunas peab lendama lennuk, et läbida ühe tunniga  $200 \text{ km}$  pikkune tee suunaga otse põhja, kui puhub kirdetuul  $35^\circ$  all meridiaani suhtes kiirusega  $30 \text{ km/h}$ ?
11. Üks auto sõidab kiirusega  $42 \text{ km/h}$  ning teine kiirusega  $60 \text{ km/h}$  selle järel. Millise ajaga ning kui pikal teel jõuab teine auto esimesele järele, kui nende esialgne vahemaa oli  $400 \text{ m}$ ?
12. Veoauto, mille pikkus on  $6 \text{ m}$ , sõidab kiirusega  $54 \text{ km/h}$ . Sellest sõidab mööda teine auto, mille pikkus on  $4 \text{ m}$  ning sõidukiirus  $72 \text{ km/h}$ . Kui kaua kestab möödasõitmine, kui arvestada, et enne seda ja selle lõpus on autode vahemaa  $20 \text{ m}$ ? Kui pika maa läbis selle aja jooksul kumbki auto?
13. Kaks laeva liiguvad teineteisele vastu paralleelse kursiga kiirustega  $v_1$  ja  $v_2$ . Ühelt laevalt tulistatakse teist. Millise nurga  $\alpha$  all liikumissuunaga peab asetama kahuri, kui laskmise hetkel asuvad laevad nende liikumisteid ühendava ristlõigu otstes? Mürsu liikumiskiirust  $v_0$  pidada konstantseks.
14. Kaks lennukit lendavad teineteisele vastu paralleelse kursiga, kusjuures nende lennuteede-vaheline kaugus on  $200 \text{ m}$ . Kui palju on lenduritel aega õhuvõitluseks, kui kuulipildujatuli ulatub  $1 \text{ km}$  kaugusele ning lennukite kiirused on  $360 \text{ km/h}$  ja  $400 \text{ km/h}$ ?

15. Kaks lennukit väljuvad üheaegselt ühest punktist ning lendavad kahes teineteisega risti olevas suunas kiirusega 300 km/h ja 400 km/h. Kuidas sõltub ajast nende vaheline kaugus? Kui suur on see kaugus hetkel, mil esimene lennuk on läbinud 900 km?
16. Kahte teineteisega risti asetatud horisontaalset roobast mööda veerevad kaks vankrikest, mida omavahel ühendab paindumatu varb pikkusega  $\ell = 1$  m. Üks vankrike liigub alates täisnurga tipust kiirusega  $v_1 = 10$  cm/s. Leida teise vankrike liikumise võrrand ning kiirus ja kiirendus hetkel, mil vankrikesed on võrdsetel kaugustel täisnurga tipust.
17. Keha sirgjoonelise liikumise võrrand on  $s = 2 + 3t + 0,01t^3$  (s avaldatud meetrites, t - sekundites). Millise kiiruse ja kiirendusega liigub keha ajahetkedel  $t_1 = 0$  ja  $t_2 = 10$ ? Määrata kiiruse ja kiirenduse keskmised väärtused esimese 10 s jaoks, arvates liikumise algusest.
18. Osake hakkab liikuma x-telje positiivses suunas, väljudes ajahetkel  $t_0 = 0$  koordinaattelgede alguspunktist. Liikumise seadus väljendub valemiga  $\vec{v} = \vec{v}_0 \left(1 - \frac{t}{\tau}\right)$ , kus  $\vec{v}_0$  on algiiruse vektor, mille moodul  $v_0 = 10$  cm/s,  $\tau = 5$  s.  
Leida:  
a) osakese koordinaat ajahetkedel 6 s, 10 s, 20 s;  
b) ajahetked, millal osake on 10 cm kaugusel koordinaattelgede alguspunktist;  
c) esimese 4 s ning esimese 8 s kestel läbitud tee pikkus.
19. Keha liikumise seadus on:  $x = bt^2$ ,  $y = ct^2$ . Määrata selle keha kiirus ja kiirendus ajahetkel  $t = 5$  s, kui  $b = 0,6$  m/s<sup>2</sup> ning  $c = 0,8$  m/s<sup>2</sup>.
20. Kahuriraua pikkus on 2,2 m. Mürsk liigub rauas 0,009 s. Leida mürsu väljumise kiirus, pidades tema liikumist kahurirauas ühtlaselt kiirenevaks.



21. Keha, mille algkiirus oli 5 m/s, läbis viienda sekundi kestel 4,5 m. Määrata selle keha kiirendus ja 10 sekundi jooksul läbitud tee pikkus.
22. Vaatleja seisab platvormil elektrirongi esimese vaguni otsa juures. Kui rong hakkab liikuma, möödub esimene vagun vaatlejast 4 s jooksul. Millise aja jooksul möödub vaatlejast seitsmes vagun, kui rong liigub ühtlaselt kiirenevalt?
23. Keha läbib kaks järjestikust teelõiku, kumbki pikkusega 10 m, liikudes kummalgi lõigul sama kiirendusega. Määrata keha kiirendus ja algkiirus esimesel teelõigul, kui temal kulus esimese lõigu läbimiseks 1,06 s ning teise läbimiseks 2,20 s.
24. Jooksja läbib 100 m ajaga 12 s, kusjuures esimesed 20 m jookseb ta ühtlaselt kiirenevalt ning ülejäänud maa ühtlaselt. Määrata kiirendus ja maksimaalne kiirus.
25. Metroos läbib rong 2 km pikkuse jaamavahe 2 minuti 20 sekundiga. Rongi maksimaalne kiirus sellel lõigul on 60 km/h ning alguses ja lõpus liigub ta absoluutse väärtuse poolest võrdsete kiirendustega. Määrata nende kiirenduste väärtused.
26. Väike kuulike lükatakse veerema mööda kaldpinda üles. Lähtekohast 30 cm kaugusel oli kuulike kaks korda: 1 s ja 2 s pärast liikumise algust. Määrata kuulikese algkiirus ja kiirendus, lugedes viimast jäävaks.

## 2. Liikumine Maa raskusväljas

27. Jäämäe kõrgus on 3 m ning tema pikkus kaldsihis 20 m. Arvutada mäest alla libisenud kelgu kiirus ja libisemise aeg, hõõrdumist arvestamata.
28. Arvutada kaldpinna kaldenurk horisondi suhtes, kui on teada, et kehal kulub hõõrdumisvabaks allalibisemiseks mööda kaldpinda kaks korda rohkem aega kui vabal langesel sama kõrguste vahe ulatuses.



29. Kivi langeb 20 m kõrguselt algkiirusega. Määrata kivi langemise aeg ja lõppkiirus õhukistust arvestamata.
30. 25 cm pikkune joonlaud ripub niidi otsas. Allpool joonlauda samal püstjoonel on seinas väike ava. Milline peab olema selle ava ja joonlana alumise serva vahemaa, et niidi katkemisel kataks langev joonlaud ava 0,1 s kestel?
31. Vabalt langenud keha läbis viimase sekundi kestel poole oma teekonnast. Kui kõrgelt langes keha ning milline oli langemise kestus?
32. Vabalt langev keha läbis viimased 20 m oma teest 0,5 s jooksul. Määrata keha langemise kõrgus.
33. Millise kiirusega peab viskama keha vertikaalselt alla 40 m kõrguselt, et ta jõuaks maapinnale 2 s varem kui vaba langemise korral?
34. Kaks keha langevad vabalt samalt kõrguselt langemise alghetkede vahel  $\Delta t = 1$  s. Kuidas sõltub ajast nende kehade vaheline vertikaalne kaugus  $\Delta h$ ?
35. Üks keha hakkab langema vabalt punktist A üks sekund varem, kui teine keha hakkab langema samuti vabalt punktist B, mis asub 44,1 m madalamal punktist A.
  - 1) Määrata kummagi keha langemise kestus, kui on teada, et nad jõudsid maapinnale samal hetkel.
  - 2) Millised on punktide A ja B kõrgused maapinnast?
36. Vertikaalselt üles visatud keha tõusis 30 m kõrgusele. Määrata selleks kulunud aeg ning viskamise kiirus.
37. Keha visati vertikaalselt üles algkiirusega 15 m/s. Kui palju aja möödudes on ta 10 m kõrgusel?
38. Ühest punktist visatakse samal hetkel kaks keha: üks vertikaalselt üles, teine alla võrdsete algkiirustega  $v_0$ . Kuidas sõltub ajast  $t$  nende kehade vahemaa  $\Delta h$ ?
39. Üks kuulike visati vertikaalselt üles arvestusega, et ta tõuseb 4,9 m kõrgusele. Hetkel, mil see kuulike oli

oma ülemises asendis, visati teine kuulike samast punktist ning sama kiirusega kui esimene. Missugusel kõrgusel visakekohast kuulikesed kohtuvad?

40. Algkiirusega  $v_0$  vertikaalselt üles visatud keha oli kõrgusel  $h = 9,8$  m kaks korda ajavahemikuga  $\Delta t = 4$  s. Määrata  $v_0$ .
41. Pall visati kõrguselt 14,1 m vertikaalselt üles. Määrata palli viskamise kiirus, kui ta langes maapinnale 3 s pärast.
42. Helikopter tõuseb ühtlaselt vertikaalse kiirusega 4 m/s. Hetkel, mil helikopter on 200 m kõrgusel maapinnast, visatakse temalt vertikaalselt üles kiirusega 10 m/s helikopteri suhtes raske kuulike. Kui pika aja möödudes ning millisel kõrgusel maapinnast langeb see kuulike helikopterile tagasi? Kui suur on sel hetkel kuulikese kiirus Maa suhtes ja helikopteri suhtes?
43. Lifti kabiin, mille kõrgus (põrandast laeni) on 2,7 m, hakkab tõusma jääva kiirendusega  $1,2 \text{ m/s}^2$ . 2 s pärast liikumise algust hakkab lifti laest langema mutter. Määrata a) mutri vaba langemise kestus, b) vaba langemise kestel läbitud tee ja nihe šahti suhtes.
44. Kaks keha visati vertikaalselt üles samast punktist ning sama algkiirusega 24,5 m/s, kuid üks keha 0,5 s varem kui teine. Kui palju aega möödub teise keha viskamise hetkest kehade kohtumiseni?
45. Kui suure horisontaalse kiirusega  $v_0$  peab viskama keha kõrguselt  $h = 10$  m, et horisontaalsihis läbitud tee oleks  $n = 5$  korda pikem langemiskõrgusest?
46. Kivi visati 30 m kõrguselt horisontaalse algkiirusega 30 m/s. Määrata kivi lennukaugus horisontaalsihis ja langemise nurk horisondi suhtes.
47. Tornist horisontaalse algkiirusega visatud keha langes maapinnale 2 s pärast 40 m kaugusel torni jalamist. Määrata selle keha alg- ja lõppkiirus.



48. Tornist visati kivi horisontaalse algkiirusega 20 m/s. Mitme sekundi pärast on tema kiirus kaks korda suurem algkiirusest? Millise nurga moodustab kiirus sel hetkel vertikaalsihiga?
49. Lennuk lendab horisontaalselt kõrgusel  $h$  kiirusega  $v$ . Lendur peab viskama pommi märki, mis asub lennuki ees. Millise nurga  $\alpha$  all vertikaalsihiga peab tema nägema märki pommi vabastamise hetkel? Milline on sel hetkel tema kaugus  $s$  märgist horisontaalsihis?
50. Püssikuuli lennukiiruse määramiseks kasutatakse järgmist võtet. Horisontaalselt väljatulistatud kuuli teele asetatakse kaks kilpi kaugusel  $\Delta s$  teineteisest. Läbinud need kilbid, jätab kuul nendesse kaks auku, mille kõrgused horisontaaltasandist erinevad  $\Delta h$  võrra. Määrata kuuli kiirus, teades  $\Delta s$  ja  $\Delta h$  väärtusi.
51. Vertikaalsesse märklauda tulistatakse kaks korda horisontaalselt asetatud püssist, mis asub 50 m kaugusel märklauast. Laengute väikese erinevuse tõttu olid kuulide algkiirused 320 m/s ja 350 m/s. Milline on aukude vahe-  
maa märklauas?
52. Künka tipust horisontaalselt visatud kivi langes künka nõlvale 40 m kaugusel viskamise kohast. Arvutada kivi algkiirus, pidades künka nõlva kaldpinnaks, mis moodustab horisondiga nurga  $30^\circ$ .
53. Kivi visati tornist horisontaalselt algkiirusega 20 m/s. Määrata kivi kiirus ning normaal- ja tangentsiaalkiirendus 2 s pärast liikumise algust.
54. Raske keha visati algkiirusega  $v_0$  nurga  $\alpha_0$  all horisondiga. Määrata 1) trajektoori kuju, 2) trajektoori lagipunkti kõrgus  $h$ , 3) keha lennukaugus  $s$ , 4) liikumise kestus  $t$ .
55. Raske keha visati algkiirusega  $v_0$  nurga  $\alpha_0$  all horisondi suhtes. Määrata selle keha kiiruse väärtus ja nurk, mille see moodustab horisondiga, 1) trajektoori lagipunk-



tis, 2) keha langemispunktis.

56. Palli algkiirus 10 m/s moodustab horisondiga nurga  $40^\circ$ . Määrata 1) palli trajektoori lagipunkti kõrgus, 2) palli lennukaugus, 3) liikumise kestus.
57. Millise nurga all horisondi suhtes peab viskama keha, et tema trajektoori lagipunkti kõrgus oleks võrdne lennukaugusega?
58. Millise algkiirusega peab viskama raketi  $45^\circ$ -se nurga all horisondi suhtes, et see lõhkeks oma trajektoori kõrgeimas punktis, kui sütiku põlemise aeg on 6 s?
59. Keha visati algkiirusega  $v_0$  nurga  $\alpha_0$  all horisondi suhtes. Määrata trajektoori lagipunkti kõrgus, kui on teada, et liikumine kestis 2,2 s.
60. Kolmest torust, mis moodustavad horisondiga nurgad  $60^\circ$ ,  $45^\circ$  ja  $30^\circ$ , voolab vesi, kusjuures jugade algkiirused on võrdsed. Kuidas suhtuvad nende jugade maksimaalsed kõrgused  $h$  ja nende langemiskaugused  $s$ ?
61. Tuletõrjevoolikust väljub veejuga  $32^\circ$ -se nurga all horisondi suhtes ning langeb maapinnale 12 m kaugusel (horisontaalsihhis). Vooliku ava ristlõike pindala on  $1 \text{ cm}^2$ . Kui palju vett voolab välja voolikust 1 minuti jooksul?
62. Keha visati  $60^\circ$ -se nurga all horisondi suhtes algkiirusega 20 m/s. Kui suure nurga all horisondiga liigub keha 2,5 s pärast liikumise algust? Millisel ajahetkel ja kui kõrgel maapinnast moodustab keha liikumise suund horisondiga  $45^\circ$ -se nurga?
63. Kivi visati  $30^\circ$ -se nurga all horisondiga. Kahe sekundi pärast oli ta trajektoori lagipunktis. Määrata kivi kiirus kolm sekundit pärast liikumise algust. Millised on samal ajahetkel kivi kiirenduse tangentsiaal- ja normaalkomponendid?
64. Keha visati algkiirusega  $v_0$  nurga  $\alpha_0$  all horisondi suhtes. Määrata  $v_0$  ja  $\alpha_0$ , kui on teada, et trajek-

toori lagipunkti kõrgus  $h = 3$  m ning trajektoori kõverusraadius selles punktis  $R = 3$  m.

65. Keha visati kiirusega  $10$  m/s  $45^\circ$ -se nurga all horisondi suhtes. Määrata trajektoori kõverusraadius punktis, kus keha asub  $1$  s pärast liikumise algust.
66. Kahur ja tulistatav objekt asuvad samal horisontaalsel nivool  $5,1$  km kaugusel teineteisest. Kui pika ajaga katab selle maa kahurist algkiirusega  $240$  m/s väljatulistatud mürsk?
67. Kivi visati maapinnast  $2,1$  m kõrguselt  $45^\circ$ -se nurga all horisondi suhtes ning ta langes maapinnale  $42$  m kaugusel viskekohast horisontaalsihis. Milline oli kivi algkiirus? Kui kaua ta lendas? Milline oli kivi trajektoori lagipunkti kõrgus maapinnast?

### 3. Kõverjoonelise ja ringliikumise kinemaatika

68. Määrata maakera ööpäevasest pöörlemisest tingitud maapinna punktide joonkiirus laiusel  $\varphi$ . Teha arvutused  $\varphi = 60^\circ$  jaoks, võttes Maa raadiuseks  $6400$  km.
69. Auto liigub mööda ringteed kiirusega  $v_0$ . Ühtlasel pidurdamisel väheneb auto kiirus poole ringjoone läbimisel poole võrra. Missuguse osa ringteest läbib auto veel kuni seismajäämiseni?
70. Määrata maakera pöörlemisest tingitud maapinna punktide normaalkiirendus ning selle projektsioon antud punkti tõmmatud Maa raadiusel. Arvutused teha Moskva laiuse jaoks ( $55^\circ$  põhjalaiust), võttes Maa raadiuseks  $6400$  km.
71. Määrata NSV Liidu kolmanda Maa tehiskaaslase orbitaalse liikumise nurkkiirus ning keskmine joonkiirus, kui tema tiirlemise periood oli  $105$  min ning lennukõrgus  $1200$  km maapinnast.
72. Lennuk lendab kiirusega  $360$  km/h. Missugusel geograa-



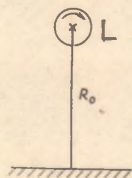
filisel laiusel võib selle meeskond näha Päikest seisvana liikumatult taevas? Milline peab olema seejuures lennu suund?

73. Pöörleva ketta välisringi punktid liiguvad kiirusega 3 m/s; punktid, mille kaugus teljest on 10 cm võrra väiksem, liiguvad kiirusega 2 m/s. Määrata selle ketta pöörlemise sagedus.
74. Auto liigub teekurvil keskmise kõverusraadiusega 50 m kiirusega 36 km/h. Auto rataste vahemaa on 1,2 m, ratta raadius 30 cm. Määrata sisemiste ja välimiste rataste pöörlemise nurkkiirused.
75. Ratas pöörleb nurkkiirendusega  $0,5 \text{ 1/s}^2$ . Määrata teljest 40 cm kaugusel asuva punkti kogukiirendus 2 s pärast liikumise algust.
76. Punkt liigub mööda ringjoont raadiusega 2 cm ning tema liikumisvõrrand on  $s = ct^3$ , kus  $c = 0,1 \text{ cm/s}^3$ . Leida selle punkti kiirenduse normaal- ja tangentsiaalkomponent ajahetkel, mil tema kiirus on 0,3 m/s.
77. Punkt liigub mööda ringjoont ning tema liikumisvõrrand on  $s = A + Bt + Ct^2$ , kus  $A = 5 \text{ m}$ ,  $B = -2 \text{ m/s}$ ,  $C = 1 \text{ m/s}^2$ . Leida selle punkti joonkiirus ning tema kiirenduse normaal- ja tangentsiaalkomponent ajahetkel 3 s, kui on teada, et ajahetkel 2 s kiirenduse normaalkomponent on  $0,5 \text{ m/s}^2$ .
78. Keha hakkab pöörlema jääva nurkkiirendusega  $\varepsilon = 0,04 \text{ 1/s}^2$ . Millise aja möödudes moodustab selle keha mingi punkti kogukiirendus sama punkti kiirusega nurga  $\alpha = 76^\circ$ .
79. Pang laskub kaevu kiirendusega  $1 \text{ m/s}^2$ . Milline on seejuures pööra võlli nurkkiirendus eeldusel, et nöör võllil ei libise? Kuidas sõltub ajast võlli pöördenurk  $\varphi$ ? Võlli raadius on 25 cm.
80. Ketas hakkab pöörlema ühtlaselt kiirenevalt nurkkiirendusega  $0,2 \text{ 1/s}^2$ . Määrata selle ketta nurkkiirus 2. sekundi lõpus, arvates liikumise algusest, ning teljest 20 cm



kaugusel olevate ketta punktide kogukiirendus samal ajahetkel. Kui pika tee on läbinud vaadeldavad punktid selleks ajahetkeks?

81. Auto liigub 50 m raadiusega teekurvil ning tema liikumise seadus on  $s = 10 + 10t - 0,5t^2$  (pikkus on avaldatud meetrites, aeg sekundites). Leida auto kiirus ja kogukiirendus ajahetkel  $t = 5$ .
82. Auto, liikudes kiirusega 40 km/h, läheb kurvi raadiusega 200 m. Juht pidurdab seejuures, andes autole kiirenduse  $-0,3 \text{ m/s}^2$ . Määrata auto kiirenduse normaalkomponent, kogukiirendus ning nurk, mille kiirendusvektor moodustab kurvi kõverusraadiusega pidurdamise alghetkel.
83. Rong sõidab kurvi raadiusega 400 m, liikudes kiirusega 36 km/h. Määrata rongi normaal- ja kogukiirendus poole minuti pärast, kui rong liigub kurvil tangentsiaalkiirendusega  $0,2 \text{ m/s}^2$ .
84. Mootorratas hakkab liikuma ühtlaselt kiirenevalt mööda ringrada raadiusega 600 m ning arendab 200 m pikkusel teel kiiruse 72 km/h.
  - 1) Määrata mootorratta kiirendus 20. sekundi lõpus, arvestes liikumise algusest.
  - 2) Kui palju aega kulub mootorrattal esimese ja järgnevate täistiirude sooritamiseks, kui alates 20. sekundi lõpust tema liikumine jääb ühtlaseks?
85. Põlev latern  $L$  ripub  $R_0 = 3 \text{ m}$  kaugusel seinast ning tekitab sellel valguslaigu (vt. joon. 1). Laterna pöörlemisel vertikaaltelje ümber liigub laik mööda seina sirgjooneliselt. Arvestades, et latern pöörleb ühtlaselt sagedusega  $n = 1$  pööre sekundis, leida: 1) laigu liikumise võrrand, 2) tema kiirus 0,1 s pärast liikumise algust, kui laik oli minimaalsel kaugusel laternast, ja 3) laigu kiirus punktis, mis asub 2 m kaugusel tema lähtepunktist.



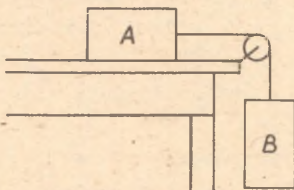
Joonis 1.

#### 4. Kulgliikumise dünaamika

86. Newtoni teise seaduse illustreerimiseks demonstreeritakse järgmist katset. Vankrike massiga  $m_2$  pannakse liikuma horisontaalpinda mööda rippuva koormuse mõjul, mille mass on  $m_1$ . Siis suurendatakse selle koormuse massi  $n$  korda ( $nm_1$ ) ning võrreldakse kiirendusi  $a_1$  ja  $a_2$ , millega süsteem kummalgi juhul liigub.

1. Kas võib väita, et hõõrdumise puudumisel  $a_2 = na_1$ ?
2. Milline on suhe  $a_2/a_1$ , kui  $m_1 = 30$  g;  $m_2 = 200$  g;  $n = 2$  ning hõõrdeegur  $k = 0,1$ ?
3. Milline peab olema hõõrdeeguri  $k$  väärtus, et  $a_2 = na_1$ ?

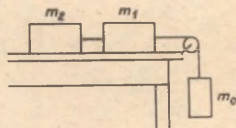
87. Joonisel 2 kujutatud süsteemis on klotsi A mass 200 g, koormuse B mass 300 g, hõõrdeegur klotsi ja laua vahel 0,25. Määrata nõõri tõmme.



Joonis 2.

Kuidas muutub vastus, kui kehad A ja B ära vahetada? Milline on kummalgi juhul ploki teljele mõjuv jõud?

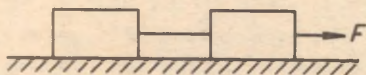
88. Joonisel 3 kujutatud seadmes on kehade massid  $m_0$ ,  $m_1$  ja  $m_2$ . Ploki ja paelte massid on tähtsusetult väikesed ning samuti ei tule arvesse hõõrdumine plokis. Kehade  $m_1$  ja  $m_2$  ning laua vaheline hõõrdeegur on  $k$ . Määrata 1) kiirendus  $a$ , millega kogu süsteem liigub ning 2) kehi  $m_1$  ja  $m_2$  ühendavat paela pingutav jõud  $T$ .



Joonis 3.

89. Horisontaalsele lauale on asetatud raske keha. Laua ja keha vaheline hõõrdetegur on 0,1. Kui suure horisontaalse kiirenduse peab andma lauale, et keha sellelt maha libiseks?

90. Kaks ühesugust keha on ühendatud niidiga ning asetatud täiesti siledale horisontaalsele lauale (joon. 4).



Joonis 4.

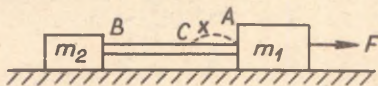
Niit kannatab kuni 2 N-list tõmmet. Millise jõu  $F$  peab rakendama ühele kehale, et niit katkeks?

Kas muutub vastus, kui mõlema keha ja laua vahel mõjuvad hõõrdejõud ning hõõrdetegurid kummagi keha puhul on võrdsed?

91. Väike keha massiga  $m$  asub siledal horisontaalsel pinnal. Ajahetkel  $t_0 = 0$  hakkab sellele kehale mõjuma jõud, mille sõltuvus ajast on määratud valemiga  $F = at$ , kus  $a = \text{const}$ . Selle jõu suund moodustab horisondiga jääva nurga  $\alpha$ . Leida:
- keha kiirus hetkel, mil keha lahkub pinnast;
  - selleks hetkeks läbitud tee pikkus.
92. Lifti (koos koormusega) mass on 800 kg. Missuguse kiirendusega ning millises suunas liigub lift, kui seda kandvat trossi pingutav jõud on 1) 11,7 kN, 2) 5,9 kN?
93. a) Kaks keha massiga  $m_1 = 20$  kg ja  $m_2 = 12$  kg on ühendatud jäigalt homogeense varda abil, mille pikkus  $l = 4$  m ja mass  $m = 8$  kg, ning asetatud täiesti siledale horisontaalsele lauale (joon. 5). Sellisele süsteemile rakendatakse lauaga paralleelne jõud  $F = 196$  N. Mida näitaks dünamomeeter, kui see lülitada 1) punkti A, 2) punkti B, 3) punkti C, mis on kaugusel  $x = 1$  m punktist A?
- b) Vastata samadele küsimustele, kui kirjeldatud süsteemile on rakendatud jõu  $F$  asemel jõud  $F' = 440$  N suunaga vertikaalselt üles ning süsteem saab vertikaalsihis



vabalt liikuda.

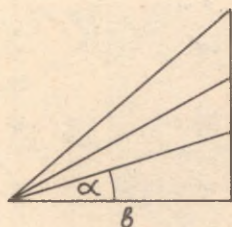


Joonis 5.

94. Horisontaalsel tasapinnal asuvale kehale massiga 10 kg on rakendatud nurga  $\alpha$  all horisondiga mõjuv jõud  $F$ , mistõttu keha libiseb ühtlaselt mööda pinda. Keha ja tasapinna vaheline hõõrdetegur on 0,4. Millise  $\alpha$  väärtuse puhul on jõud  $F$  minimaalne? Määrata jõu  $F$  miinimumväärtus.
95. Kõis lebab laual nii, et osa temast ripub üle lauaserava alla, ning hakkab libisema, kui allarippuva osa pikkus moodustab 25% kõie kogupikkusest. Määrata kõie ja laua vaheline hõõrdetegur.
96. Keha libiseb mööda kaldpinda raskusjõu mõjul, hõõrdejõud on seejuures võrdeline normaalrõhumisega kaldpinnale (võrdetegur  $k$ ) ning ei olene kiirusest. Määrata keha kiirendus  $a$ , kui pinna kaldenurk horisondi suhtes on  $\alpha$ .
97. Vagun tõuseb  $10^\circ$ -se kaldenurgaga mäkke kiirendusega  $0,3 \text{ m/s}^2$ . Vaguni laes ripub nööri otsas keha massiga 200g. Määrata nöörile mõjuva jõu väärtus ja suund.
98. Keha massiga 100 kg asub kaldpinnal, mis moodustab horisondiga  $20^\circ$ -se nurga. Keha ja pinna vaheline hõõrdetegur on 0,4. Millistes piirides võib muutuda sellele kehale paralleelselt kaldpinnaga rakendatud jõud, et keha seejuures jääks paigale?
99. Kaldpinnale on asetatud raske plaat. Pinna kaldenurka  $\alpha$  saab soovikohaselt muuta. Libisedes mööda kaldpinda alla läbib plaat pinna kahes asendis ( $\alpha_1 = 45^\circ$  ja  $\alpha_2 = 60^\circ$ ) võrdsetes ajavahemikes võrdsete rõhtprojektsioonidega

teelõigud. Määrata nurga  $\alpha$  maksimaalne väärtus, mille juures plaat ei hakka mööda kaldpinda alla libisema.

100. On antud mitu kaldpinda ühise alusega  $b$ , mis moodustavad horisondiga nurgad  $\alpha_1, \alpha_2, \dots$  (joon. 6).

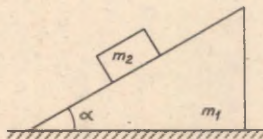


Joonis 6.

$\alpha_1 = 45^\circ$  puhul keha allalibisemise ajad oleksid võrdsed?

- 1) Millise nurga  $\alpha$  puhul libiseb keha mööda kaldpinda alla minimaalse ajaga? Vaadelda kahte juhtu: a) keha libiseb hõõrdumiseteta ning b) hõõrdetegur  $k = 0,25$
- 2) Milline peab olema hõõrdetegur, et  $\alpha_1 = 60^\circ$  ja

101. Horisontaalsele pinnale on asetatud prisma massiga  $m_1$  ja nurgaga  $\alpha$  ning sellele klots massiga  $m_2$  (joon. 7). Missuguse kiirendusega  $a$ , hakkab liikuma prisma, kui hõõrdumine puudub täielikult?



Joonis 7.

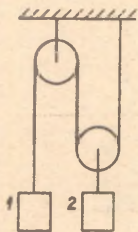
102. Väike keha "visati" üles mööda kaldpinda, mis moodustab horisondiga nurga  $15^\circ$ . Määrata hõõrdetegur keha ja kaldpinna vahel, kui keha tõusu aeg osutus kaks korda väiksemaks kui tagasilaskumise aeg.
103. Üle liikumatu ploki rippuva paela ühe otsa külge on kinnitatud koormus  $0,8 \text{ kg}$ . Millise kiirendusega see koormus hakkab liikuma, kui 1) paela teisest otsast tõmmata jõuga  $9,8 \text{ N}$ , 2) paela teise otsa riputada koormus kaaluga  $9,8 \text{ N}$ ?
104. Üle liikumatu ploki asetatud paela otstele on kinnitatud koormused  $2 \text{ kg}$  ja  $3 \text{ kg}$ . Milline on paelale mõjuv tõmbejõud süsteemi vabal liikumisel? Kui suur jõud mõjub



seejuures ploki teljele?

105. Üle liikumatu ploki ripub nööri. Ühel ja samal hetkel haaravad nööri otstest kinni kaks ahvi massiga 20 kg ja 25 kg. Kergem ahv jääb nööri otsa rippuma, teine aga hakkab mööda nööri üles ronima nii, et ta püsib kogu aeg samal kõrgusel. Millise aja jooksul tõuseb väiksem ahv 19,6 m võrra kõrgemale? Nööri ja ploki mass ning hõõrdumine jätta arvestamata.
106. Kõis pikkusega 12 m ning massiga 6 kg on asetatud üle liikumatu ploki. Olnud algul tasakaalus, hakkab ta selgelt maha libisema. Määrata tõmme kõie keskpaigas, kui tema ühe otsa pikkus on 8 m.

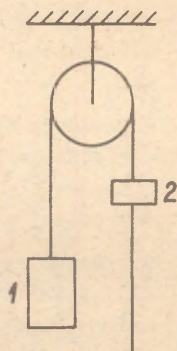
107.



Joonis 8.

Määrata kummagi keha kiirendused  $a_1$  ja  $a_2$  ning paela pingsus  $T$  joonisel 8 kujutatud süsteemis, kui kehade massid on  $m_1$  ja  $m_2$ . Plokkide ja paela mass jätta arvestamata. Liikumine lugeda hõõrdumisvabaks.

108. Üle kerge ning hõõrdumiseta pöörleva plokiratta (joon. 9) ripub pael, mille ühte otsa on kinnitatud keha 1 massiga  $m_1$ . Mööda paela teist otsa jääva kiirendusega  $a_2$  paela suhtes libiseb rõngas 2 massiga  $m_2$ . Määrata keha  $m_1$  kiirendus  $a_1$  ning paela ja rõnga vahel mõjuv hõõrdejõud  $F$ .



Joonis 9.

109. Üle liikumatu ploki asetatud paela otstes ripuvad koorused  $m_1$  ja  $m_2$ . Arvestamata ploki ja paela masse ning hõõrdumist, määrata selle süsteemi massikeskme



kiirendus  $a$ .

110. Liftikabiini lakke on kinnitatud plokk ning üle selle asetatud paela otastele koormused massiga  $m_1$  ja  $m_2$ . Kabiin hakkab tõusma jääva kiirendusega  $w$ . Jättes arvestamata ploki ja paela massid ning hõõrdumisjõud, määrata:
- 1) koormuse  $m_1$  kiirendus liftisõhti ja -kabiini suhtes;
  - 2) jõud, millega plokk mõjub kabiini laele.
111. Aerostaat massiga  $m$  laskub jääva kiirendusega  $a$ . Kui palju peab vähendama aerostaadi koormust, et ta hakkaks tõusma sama suure kiirendusega?
112. Kerakujuline kuulike läbimõelduga 4 mm, mille aine tihedus on  $1 \text{ g/cm}^3$ , langeb õhus. Määrata selle liikumise kiiruse piirväärtus (püsijäänud kiirus), võttes õhutakistuse valemis  $R = kSv^2$  ( $S$  - frontaallõike pindala,  $v$  - kiirus)  $k$  väärtuseks 0,25 SI ühikut.
113. Milline peab olema langevarju läbimõõt, et langemise kiiruse piirväärtus oleks 5 m/s, kui langevarju ja koormuse kogumass on 100 kg? Õhutakistuse valemis  $R = kSv^2$   $k = 1,6$  SI ühikut.
114. 1) Õõnsa alumiiniumkera läbimõõt on 4 cm ning tema mass 5 g. Arvutada selle kera langemiskiiruse piirväärtus õhus, kui takistusjõu valemis  $R = kSv^2$   $k = 0,25$  SI ühikut.
- 2) Milliseks osutub kiiruse piirväärtus, kui samade välismõõtmetega kera on massiivne?
115. Kaks samast ainest valmistatud ümmargust kuulikest langevad õhus. Õhutakistus kuulikeste liikumisele on võrdeline nende frontaallõike pindalaga ning kiiruse ruuduga. Kuidas suhtuvad kuulikeste püsijäänud kiirused, kui nende raadiuste suhe on 2?
116. Takistusjõud kera liikumisel õhus on avaldatav valemiga  $R = c\rho Sv^2$ , kus  $\rho$  on õhu tihedus ning  $c$  kera

kujutegur. Teades, et 1 cm-se läbimõõduga ümmarguste jääkuulikeste langemisel nende kiiruse piirväärtus on 15,2 m/s ja et  $\rho = 1,25 \text{ g/dm}^3$ , arvutada sfääri kujutegur  $c$ .

117. Olgu veetakistus paadi (massiga  $m$ ) liikumisele võrdeline selle kiirusega  $\vec{F} = -r\vec{v}$ . Kuidas sellisel juhul oleneb paadi kiirus tee pikkusest  $s$ , kui aega hakatakse lugema hetkest, mil paat liikus kiirusega  $v_0$  ja puri langetati?

#### 5. Töö ja energia. Energia ja impulsi jäävus

118. Kui palju tööd tuleb teha, et tõsta koormus massiga 100 kg 4 m kõrgusele 2 s kestel, kui tõstmine toimub ühtlaselt kiirenevalt?
119. Keha massiga 100 kg tõstetakse kaldpinna abil, mille pikkus on 2 m ja nürk horisondiga  $30^\circ$ . Kui palju tööd tuleb teha seejuures, kui liikumine toimub kiirendusega  $1 \text{ m/s}^2$  ning hõõrdetegur on 0,1?
120. Vagonett liikus horisontaalsel teel jääva jõu mõjul 5 m ning saavutas kiiruse 2 m/s. Määrata selle jõu töö, kui vagoneti mass on 400 kg ning hõõrdetegur 0,01.
121. Kivi massiga 2 kg, langedes vabalt 40 m kõrguselt, tungib maa sisse 5 cm sügavusele. Kui suur on maa keskmine vastupanujõud?
122. Rammiga, mille mass on 900 kg ning mis langeb 1,5 m kõrguselt, lüüakse vaia maa sisse. Iga löögiga läheb vai 3 cm sügavamale. Arvutada löögi keskmine jõud ja kestus.
123. Püssikuul, mille mass on 10 g, liikudes horisontaalselt kiirusega 200 m/s, tungis laudseina 4 cm sügavusele.
1. Määrata laua keskmine vastupanujõud ja kuuli liikumise kestus lauas, pidades seda liikumist ühtlaselt aeglustuvaks.
  2. Mis sünnib samades tingimustes, kui laua paksus on ainult 2 cm?



124. Kuul läbis puitlaua paksusega  $h$  ning tema kiirus muutus selle tagajärjel väärtuselt  $v_0$  väärtuseni  $v$ . Määrata laua läbimise aeg, lugedes puidu vastupanujõu kuuli liikumisele võrdeliseks kiiruse ruuduga.
125. 400 g-ne kivi visati 50 m kõrguselt horisontaalse algkiirusega 20 m/s. Määrata kivi potentsiaalne ja kineetiline energia 2 s pärast. Õhutakistus jätta arvestamata.
126. Vagun massiga 20 t liigub kiirusega 54 km/h. Pidurdamisel jääb vagun seisma 1 min 40 s jooksul. Määrata pidurdava jõu keskmine väärtus.
127. Üle liikumatu plokki sümmeetriliselt rippuv 20 m pikkune nõör on algmomendil tasakaalus. Väikese tõuke tõttu hakkab nõör plokilt maha libisema. Milline on nõõri kiirus hetkel, mil ta lahkub plokilt? Ploki mass jätta arvestamata.
128. Horisontaalset teed mööda mingi algkiirusega liikunud 12 t-ne vagun hakkab hõõrdumise tõttu liikuma ühtlaselt aeglustuvalt ning jääb seisma 30 s jooksul, läbinud seejuures 18 m pikkuse tee. Määrata vaguni algkiirus, hõõrdejõud ja hõõrdetegur.
129. Uisutaja massiga 50 kg liigub ühtlaselt horisontaalset teed mööda. Kui uisutaja lakkab töötamast, hakkab ta liikuma ühtlaselt aeglustuvalt, ning läbinud 25 s kestel 60 m pikkuse tee, jääb seisma. Määrata a) hõõrdetegur, b) võimsus, mis uisutaja kulutas, liikudes ühtlaselt.
130. Trammivagun hakkab liikuma horisontaalsel teel jääva kiirendusega  $0,5 \text{ m/s}^2$ . 12 s pärast lülitatakse mootor välja ning vagun liigub ühtlaselt aeglustuvalt kuni seismajäämiseni. Liikumise mõlemal etapil on hõõrdetegur 0,1. Määrata 1) liikumise maksimaalne kiirus; 2) liikumise kestus; 3) vaguni kiirendus pidurdamisel; 4) liikumise kogu ulatus.



131. Kelk libiseb jäämäelt kõrgusega  $h$  ning peatub horisontaalsel jääväljal kaugusel  $s$  mäe tipust horisontaalsihis. Tõestada, et hõõrdetegur  $k = h/s$ .
132. Jalgratturi (koos rattaga) mass on 80 kg. Hakates liikuma paigalseisust mööda horisontaalset teed jääva jõu mõjul, saavutab ta ühe minuti jooksul kiiruse 18 km/h. Takistusjõud sellel liikumisel on sõltumatu kiirusest ning võrdne 4,9 N-ga.
- 1) Arvutada jalgratturi poolt arendatav liikuma panev jõud.
  - 2) Määrata selle aja jooksul jalgratturi poolt sooritatud töö ning seejuures arendatav võimsus.
  - 3) Saavutanud kiiruse 18 km/h, lakkab jalgrattur töötamast ning veereb edasi mööda horisontaalset teed. Kui pika tee ta läbib kuni peatumiseni samades tingimustes?
133. Suurte kiirustega liikumiste uurimiseks vaadeldakse reaktiivmootoriga käivitatava kelgu liikumist mööda horisontaalseid rööpaid pikkusega 615 m. Kogu liikuva süsteemi mass on 50 kg ning ta libiseb ilma hõõrdumiseta.
1. Kütus tekitab 1,4 sekundi jooksul jõu 14,7 kN.
    - a) Milline on seadme kiirendus?
    - b) Arvutada kiirus 1,4 s lõpuks.
    - c) Kui pika tee läbis kelk selle aja jooksul?
  2. Pärast kütuse põlemise lõppu jääb seade vabaks iga-suguste jõudude mõjust.
    - a) Milline on kelgu edasine liikumine?
    - b) Kui kaua peab see kestma, kui soovetakse pidurdada kelk tee viimasel 100 meetril?
  3. Pidurdamine teostatakse jääva takistusjõu abil.
    - a) Milline peab olema selle jõu väärtus?
    - b) Milline on seejuures kiirendus?
    - c) Kui kaua kestab pidurdamine?
    - d) Kui kaua kestab kogu liikumine?

134. Kaevanduse tõstuki mass on 4 t ning kaevu sügavus 280 m.

- 1) Soovitakse, et laskumisel kaevu liiguks tõstuk ühtlaselt kiirenevalt 50 m ulatuses ning saavutaks selle teelõigu lõpuks kiiruse 30 km/h, et ta pärast seda liiguks ühtlaselt 200 m ja lõpuks ühtlaselt aeglustuvalt ning saabuks lõpp-punkti kiirusega null.

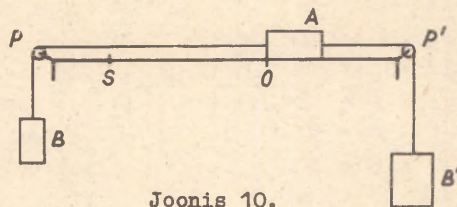
Kui suurt tõmbejõudu peab rakendama kaablile igal etapil, et kindlustada niisugune liikumine? Kui pika kestusega on liikumise iga etapp? Kui kaua kestab laskumine?

- 2) Sõega täidetud tõstuki mass on 10 t ning seda soovitakse tõsta samas režiimis, milles toimus laskumine. Vastata kõigile punktis 1 esitatud küsimustele.

135. Keha A massiga  $M = 1660$  g on asetatud pikale horisontaalsele lauale (joon. 10) ning ühendatud kahe nööri abil kehadega B ja B', mis ripuvad vabalt ning mille massid on vastavalt  $m = 490$  g ja  $m' = 300$  g. Nööri ja plokkide P ja P' massid, samuti ka kõik hõõrdejõud lugeda tähtsusetult väikesteks. Lastud vabaks, hakkab süsteem liikuma ühtlaselt kiirenevalt.

- 1) Määrata selle liikumise kiirendus.
- 2) Arvutada nööri AB ja AB' mõjuvad tõmbejõud ning määrata otseselt nende tõmbejõudude vahe.
- 3) Arvutada aeg, mille kestel keha A, hakates liikuma paigalseisust punktis O, jõuab punkti S, kusjuures  $OS = 219$  cm. Määrata punkti S läbimise kiirus.
- 4) Hetkel, mil keha A on punktis S, katkeb nöör AB. Milline on süsteemi A ja B' edasine liikumine? Millise aja kestel, arvates lähteasendist O, jõuab keha A samasse asendisse tagasi?
- 5) Arvutada kahel erineval viisil nööri AB' tõmme pärast nööri AB katkemist.





Joonis 10.

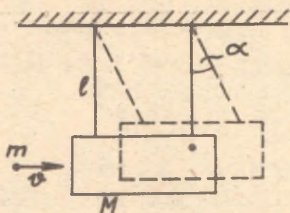
136. 1) Vagun massiga 20 t hakkab veerema ilma algkiirusega mööda kaldpinda, mille kallak on 0,02. Jättes arvestamata kõik liikumist takistavad jõud, kirjutada vaguni liikumise võrrand. Määrata kiirus, mille vagun saavutab, läbinud 500 m, arvates lähtepunkti.
- 2) Hetkel, mil vagun on läbinud 500 m, vajutatakse pidurile. Piduri mõju on ekvivalentne liikumisega vastassuunalise jõuga, mille väärtus on 10% vaguni kaalust. Kui pika tee läbib vagun pidurdamisel kuni seismajäämiseni? Kui palju soojust eraldub pidurdamisel?
- 3) Vaguni lakke on niidi abil riputatud väike raske kuulike. Millise nurga moodustab niisugune pendel vertikaaliga eelnevalt kirjeldatud liikumise kummaski faasis?
137. Kivi massiga 50 g visati 20 m kõrguselt vertikaalselt alla algkiirusega 18 m/s. Maapinnale langes see kiirusega 24 m/s. Kui palju energiat kulub õhutakistuse ületamiseks?
138. Molekul, mille mass on  $4,65 \cdot 10^{-26}$  kg, liikudes kiirusega 600 m/s, põrkab elastselt vastu anuma seina. Kui suure impulsi saab sein, kui põrge toimub 1) risti seinaga, 2) põrkenurk on  $60^\circ$ ?
139. Veejuga läbimõõduga 2 cm langeb risti paigalseisvale plaadile. Joa kiirus on 10 m/s. Määrata joa rõhuline plaadile, arvestades, et vesi tagasi ei põrka.



140. Veejuga ristlõikepindalaga  $6 \text{ cm}^2$  langeb seinale  $60^\circ$ -se nurga all seina normaalsega ning põrkab seinalt tagasi kiirust kaotamata. Kui suur jõud mõjub seinale, kui joa joonkiirus on  $12 \text{ m/s}$ ?
141. Raske vasar massiga  $M$ , liikudes kiirusega  $V$ , lööb väikest paigalseisvat teraakuulikest massiga  $m$ . Millise kiiruse  $U$  saab kuulike löögil, eeldades, et löök on absoluutselt elastne ja  $M \gg m$ .
142. Elastne kuulike langeb elastsele kaldpinnale, mis moodustab horisondiga nurga  $37^\circ$ , läbinud enne põrkumist  $20 \text{ cm}$ . Millisel kaugusel (mööda kaldpinda) esimesest põrkepunktist langeb kuulike teist korda kaldpinnale?
143. Kaks mitteelastset kuuli liiguvad teineteisele vastu nii, et nende tsentrid on samal sirgel. Kuulide massid on  $300 \text{ g}$  ja  $600 \text{ g}$  ning nende kiirused vastavalt  $2 \text{ m/s}$  ja  $1 \text{ m/s}$ . Määrata kuulide kiirused pärast põrget ning deformatsiooniks kulunud energia.
144. Kaks kerakujulist kuuli massiga  $4 \text{ kg}$  ja  $3 \text{ kg}$  liiguvad teineteisele vastu kiirusega  $5 \text{ m/s}$  ja  $2 \text{ m/s}$ . Kui palju energiat kulub kuulide deformeerimiseks nende absoluutselt mitteelastsel tsentraalsel põrkel?
145. Ümmargune kuul massiga  $2 \text{ kg}$  liigub kiirusega  $10 \text{ m/s}$  ja põrkab tsentraalselt paigalseisva kuuliga, mille mass on  $8 \text{ kg}$ . Määrata kumnagi kuuli kiirus pärast põrget, pidades kuule absoluutselt elastseiks.
146. Kaks ümmargust kuuli, mille massid on  $200 \text{ g}$  ja  $800 \text{ g}$ , liiguvad samas suunas nii, et nende tsentrid püsivad samal sirgel. Väiksem kuul liigub kiirusega  $4 \text{ m/s}$  suurema järel, mille kiirus on  $1 \text{ m/s}$ . Leida kuulide kiirused pärast põrget kahel juhul: kui põrge on 1) mitte-elastne, 2) elastne.
147. Tuumatehnikas on sageli vaja aeglustada neutroneid. Seda tehakse grafiidi või raske vee abil. Arvutada, mitu korda väheneb neutroni energia, kui neutron põrkab

absoluutselt elastselt ning tsentraalselt 1) süsiniku tuumaga, 2) raske vesiniku tuumaga.

148. Kolm ühesugust ümmargust kuul ripuvad võrdse pikkusega paralleelsete niitide otsas, kusjuures iga kuul puudutab ülejäänud kahte. Üks kuul kallutatakse teiste kuulide tsentreid ühendava sirgjooniga risti olevas suunas ja vabastatakse. Kui kuul pöörduv lähteolekusse tagasi, on tema kiirus  $\vec{v}_0$ . Millise kiiruse saavad kuulid pärast absoluutselt elastset põrget?
149. Vasar, mille mass on 200 kg, langeb detailile, mille mass koos alasiga on 2500 kg. Löögi alghetkel on vasa kiirus 2 m/s. Määrata energia kulu 1) detaili deformeerimiseks, 2) vundamendi põrutuseks ning 3) protsessi kasutegur.
150. Liivaga täidetud kast massiga  $M = 20$  kg on riputatud lakke nelja  $\ell = 1$  m pikkuse traadi abil (joon. 11).



Joonis 11.

Näisugust ballistilist pendlit tabab horisontaalselt kiirusega  $v$  lendav püssikuul massiga  $m = 12$  g ning tungib sisse. Selle tulemusena kaldub pendel vertikaalasendist nurga  $\alpha = 10^\circ$  võrra. Määrata nendest andmetest kuuli kiirus  $v$ .

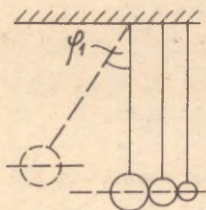
151. Püssikuul massiga 20 g, lennates horisontaalselt kiirusega 400 m/s, tabab 4 m pikkuse paela otsas ripuvat kera, mille mass on 5 kg, ning tungib selle sisse. Määrata nurk, mille võrra kaldub kera kandev pael vertikaalasendist kõrvale.
152. Kuul massiga 5 g lendab horisontaalselt kiirusega 500 m/s ning tabab kerge varda otsas ripuvat kera massiga 0,5 kg ja tungib sisse. Varda ülemine ots on kinnitatud horisontaalse telje külge, mille ümber ta saab vabalt pöörle-



da. Milline peab olema varda pikkuse piirväärtus, et kuuli löögi tõttu kera teeks täisringi ümber selle telje?

153. Horisontaalsele lauale asetatud puuklotsi, mille mass on 600 g, tulistatakse püstolist kuuliga, mille mass on 10 g ning mis tabab klotsi, liikudes horisontaalse kiirusega  $v$ , ja tungib selsse. Löögi tulemusena libiseb klots mööda lauda 5,5 m. Määrata kuuli kiirus  $v$ , teades, et hõõrdetegur klotsi ja laua vahel on 0,4. Analüüsida energiakulu jaotust hõõrdumisele klots - laud ja kuul - klots.
154. Kaks kuulikest, mille massid on  $m$  ja  $2m$ , ripuvad paralleelsete niitide otsas, kumbki pikkusega  $\ell$ , nii, et kuulikeste tsentrid on samal nivool ning kuulikesed ise puudutavad teineteist. Raskema kuulikesega pendel kallutatakse niitide tasapinnas  $90^\circ$  võrra ning siis vabastatakse. Kui kõrgele tõusevad kuulikesed pärast põrget, kui põrge on 1) absoluutselt mitteelastne, 2) absoluutselt elastne?

155. Kolm elastset kuulikest ripuvad paralleelsete niitide otsas nii, et nende tsentrid asuvad samal horisontaalsirgel ning kuulikesed puudutavad üksteist (vt. joon. 12). Iga kuulikese tsenter asub niidi kinnituspunktist



Joonis 12.

kaugusel  $\ell$ . Kuulikeste massid  $m_1:m_2:m_3 = 4:2:1$ . Suurem kuul kallutatakse tema tasakaaluasendist nurga  $\varphi_1$  võrra nii, et tema niit jääb samasse tasandisse teiste niitidega, ning siis vabastatakse. Millise kiiruse  $u_3$

saab põrgete tulemusena kolmas kuulike ning kui suure nurga  $\varphi_3$  võrra kaldub tema kandeniit vertikaalasendist?



156. Mürsk lendas horisontaalselt kiirusega  $100 \text{ m/s}$  ning lõhes kaheks tükiks massiga  $2 \text{ kg}$  ja  $8 \text{ kg}$ . Esimene tükk lendas samas suunas edasi kiirusega  $160 \text{ m/s}$ . Määrata teise kiiruse suund ja väärtus.
157. Paat, mille pikkus on  $L$  ning mass  $M$ , seisab vaikselt järve vee pinnal risti kaldaga. Inimene massiga  $m$  asub paadi ühes otsas. Kui palju nihkub paat kalda suhtes, kui inimene läheb paadi teise otsa?
158. Platvorm, mille mass on  $10 \text{ t}$ , saab hõõrdumisvabalt liukuda horisontaalsetel rööbastel. Platvormile on jäigalt kinnitatud kahur massiga  $2 \text{ t}$ , mille toru asub rööbaste sümmeetriatasapinnas ning moodustab horisondiga nurga  $30^\circ$ . Kahurist tulistatakse välja mürsk, mille mass on  $10 \text{ kg}$  ning algkiirus  $1000 \text{ m/s}$ . Määrata platvormi liikumise kiirus pärast lasku, kui ta enne lasku liikus kiirusega  $10 \text{ m/s}$ . Vaadelda kahte võimalikku juhtu (tulistamine toimub 1) platvormi liikumise suunas, 2) sellega vastupidi).
159. Rööbastel seisva platvormi (massiga  $M$ ) äärel seisavad kaks inimest (massiga  $m$  kumbki). Arvestamata hõõrdumist, määrata platvormi kiirus pärast seda, kui inimesed hüppavad ühesuguse horisontaalse kiirusega  $u$  (platvormi suhtes) sellelt maha rööbaste sihis 1) mõlemad korraga ning 2) üksteise järel. 3) Kummal korral on platvormi kiirus suurem?
160. Raketist voolab välja gaasijuga kiirusega  $5 \text{ km/s}$  raketi suhtes. Jättes arvestamata raketi massi muutumise gaaside väljavoolamise tõttu (lugedes raketi massi püsivalt võrdseks  $10 \text{ tonniga}$ ) ning õhutakistuse raketi liikumisele, arvutada, milline peaks olema ühes sekundis eralduv gaasihulk, et raketit tõuseks vertikaalselt kiirendusega  $8 \text{ m/s}^2$ .
161. Raketit algmassiga  $m_0$  ( $\text{kg}$ ) paiskab välja gaase kiirusega  $u$  (raketi suhtes), kusjuures  $\frac{dm}{dt} = -r$  ( $\text{kg/s}$ ).
- a) Kirjutada diferentsiaalvõrrand, mis seaks raketi

kiiruse tema jäämassiga, ning lahendada see võrrand.

b) Määrata raketi kiirendus alghetkel, jättes arvestamata raskusjõu mõju.

c) Kui  $u = 2 \text{ km/s}$ , siis milline peaks olema  $r$  väärtus, et alghetkel tekiks reaktiivjõud  $10^6 \text{ N}$ ?

162. Algul paigal olnud rakett hakkab välja paiskama gaase ühtlase joana kiirusega  $300 \text{ m/s}$  (raketi suhtes). Sekundi kestel väljub raketist  $90 \text{ g}$  gaase. Raketi algmass oli  $270 \text{ g}$ . 1) Kui palju aja möödudes saavutab rakett kiiruse  $40 \text{ m/s}$ ? 2) Millise kiiruse saavutab rakett, kui laengu mass oli  $180 \text{ g}$ ? Ohutakistus jätta arvestamata.

## 6. Ringliikumine ja gravitatsioon

163. Kuulike massiga  $100 \text{ g}$  tiirleb ringjoont mööda horisontaalse telje ümber, olles seotud teljega niidi abil, mille pikkus on  $30 \text{ cm}$ . Niit kannatab tõmmet kuni  $6,8 \text{ N}$ . Missuguse nurkkiiruse juures ta katkeb?
164. Viljapeksumasina trumli mass on  $100 \text{ kg}$  ning ta pöörleb sagedusega  $1000$  pööret minutis. Eeldame, et pauduliku reguleerimise tõttu asetseb trumli massikese  $1 \text{ m}$  võrra väljaspool pöörlemistelge. Kui suur kõikumine tekib selle tagajärjel vooli rõhumises laagritele?
165. Trossi otsa on riputatud  $100 \text{ kg}$ -ne koormus. Millise maksimaalse nurga võrra võib kallutada trossi vertikaalasendist, et ta ei katkeks koormuse võnkudes? Tross katkeb  $1,47 \text{ kN}$ -se jõu mõjul.
166. Kausil on pöördparaboloidi kuju vertikaalse teljega  $z$ , tema lõikumisel vertikaaltasandiga tekib joon, mille võrrand on  $z = k(x^2 + y^2)$ . Kausi seesmist siledat pinda mööda libiseb kõrguselt  $h$  alla väike keha, mille mass on  $m$ . Määrata jõud  $F$ , millega see keha rõhub kausi põhjale.
167. Keha liigub mööda ringjoont raadiusega  $1 \text{ m}$  ning temale mõjub tsentripetaaljõud  $9,8 \text{ N}$ . Määrata selle keha kinetiline energia.



168. Mootorrattur sõidab horisontaalset teed mööda. Milline peab olema minimaalne kiirus, et ta saaks väljalülitatud mootoriga teha 4-m raadiusega "surmasõlme"? Hõõrdumine, õhutakistus ning pöörlemise energia jätta arvestamata.
169. Väike keha libiseb hõõrdumiseta alla kaldpinnalt, mille kõrgus on  $h$ . Kaldpind läheb üle silmuseks raadiusega  $R$ . Millisel kõrgusel  $h_1$  langeb keha silmusest välja? Milline peab olema kaldpinna kõrgus  $h$ , et keha sooritaaks "surmasõlme"?
170. Kera pinna lagipunktist hakkab hõõrdumiseta libisema väike keha. Millisel kõrgusel, arvates kera keskpunktist, lahkub see keha kera pinnalt?
171. Tsentrifugaalregulaatori mudel pöörleb, tehes 3 pööret sekundis. Määrata varraste kaldenurk vertikaalsihiga, kui varda pikkus on 14 cm. Varraste mass jätta arvestamata.
172. Millise nurkkiirusega peab pöörlema karussell, et pöörlemisel ringi külge kinnitatud korvikeste kandevarvad moodustaksid vertikaalasendiga nurga  $\varphi = 60^\circ$ ? Ringi raadius  $R = 5$  m, kandevarbade pikkused  $\ell = 5$  m.
173. a) Teekurvil kallutas jalgrattur end  $10^\circ$  võrra vertikaalasendist. Millise kiirusega ta sõitis, kui kurvi raadius on 60 m?
- b) Millise maksimaalse kiirusega saab sõita jalgrattur 50-m raadiusega kurvil, kui asfaldi ja jalgrattakumide vaheline hõõrdetegur on 0,3? Kui suure nurga võrra peab jalgrattur ennast kallutama?
174. Autokumide ja teekatte vaheline hõõrdetegur on  $k$ . Kui suure maksimaalse kiirusega  $v_m$  saab auto sõita horisontaalsel teekurvil raadiusega  $R$ ? Mitu korda peab auto vähendama kiirust kurvi ohutuks läbimiseks libeda teega, kui hõõrdetegur on normaalsest  $n$  korda väiksem?



175. Raudtee kurvi raadius on 300 m, rööbaste vahemaa 1,5 m. Kui suur peab olema rööbaste kõrguste vahe, et kiirusega 43,2 km/h sõitev rong ei avaldaks teele külgrõhmust?
176. Mootorrattur sõidab vertikaalse silindri seesmist pinda mööda. Silindri raadius on 11,2 m. Mootorratturi (koos mootorrattaga) massikese on 0,8 m kaugusel silindri pinna-st. Kummide ja silindri seina vaheline hõõrdetegur on 0,6. Millise minimaalse kiirusega peab mootorrattur sõit-ma? Millise nurga moodustab ta horisondiga?
177. Millise jõuga tõmbuvad kaks kokkupuutuvat ümmargust raud-kuuli, kumbki raadiusega 10 cm?
178. Maa ja Kuu tsentrite vaheline kaugus muutub 407 000 km-st 357 000 km-ni. Maa mass on 81 korda suurem Kuu mas-sist. Missugustes piirides asuvad punktid, kuhu asetatud kehale Maa ja Kuu avaldavad võrdset tõmmet?
179. a) Vertikaalselt üles lastud rakett tõusis 1600 km kõrgu-sele. Teades vaba langemise kiirendust maapinnal ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) ning Maa raadiust (6400 km), määrata kiirendus, millega rakett hakkab alla langema.  
b) Millisel kõrgusel maapinnast oleks vaba langemise kiir-endus  $1 \text{ m/s}^2$ ?
180. Millise kiirenduse annab Päike Maa peal olevatele eseme-tele?
181. Stratostaat tõusis 22 km kõrgusele maapinnast. Missugu-se osa oma kaalust kaotavad stratostaadil olevad esemed?
182. Määrata planeedi kaugus Päikesest (D), kui on teada Päikese mass (M), planeedi tiirlemisperiood (T) ning gravitatsioonikonstant ( $\gamma$ ).
183. Määrata Maa ja Kuu vaheline kaugus, kui on teada: Maa raadius (6400 km), Maa keskmine tihedus ( $5,5 \text{ g/cm}^3$ ), Kuu tiirlemisperiood ümber Maa (27 ööpäeva).
184. Üks Saturni kaasläsi asub temast niisama kaugel kui Kuu Maast. Tema tiirlemisperiood on aga 10 korda väiksem kui Kuul. Määrata nendest andmetest Saturni ja Maa masside suhe.

185. Määrata raskuskiirendus Päikese pinnal, teades, et Päikese raadius on 108 korda suurem Maa raadiusest ning tema tihedus 4 korda väiksem Maa tihedusest.
186. Kuidas saaks määrata maakera massi ja keskmise tiheduse, kui on teada Maa raadius  $R$ , raskuskiirendus  $g$  Maa pinnal ja gravitatsioonikonstant  $g$ ?
187. Mingi planeet pöörleb nii, et tema pöörlemisperiood on 7 korda väiksem Maa pöörlemisperioodist. Milline peab olema selle planeedi tihedus, et kehad tema ekvaatoril oleksid kaalutud?
188. Kui palju energiat kuluks 1 g-se keha viimiseks maapinnalt lõpmata kaugele?
189. Määrata kaugusel  $r_0$  Maa tsentrist asetseva keha (punktmass  $m$ ) potentsiaalne energia.
190. Maa peale langeb väga suurelt kauguselt meteoriit massiga 1 t. Määrata selle meteoriidi kineetiline energia 200 km kaugusel maapinnast eeldusel, et õhutakistus puudub.
191. Maa tehiskaaslase tiirlemisperiood on 2 tundi.
- 1) Määrata selle kaaslase kaugus maapinnast, pidades tema trajektoori ringjooneks.
  - 2) Arvutada tehiskaaslase joon- ja nurkkiirus.
  - 3) Määrata raskuskiirendus kaaslase orbiidil, võttes maapinnal  $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$ .
  - 4) Arvestades, et kaaslase mass on 50 kg, arvutada kogu energia, mis kulus tema orbiidile viimiseks.
192. Määrata Maa pealt visatud keha esimene ja teine kosmiline kiirus.
193. Kui lasta kosmiline rakett üles Kuu pinnalt, siis millise minimaalse kiiruse peaks temale andma, et ta jäädavalt lahkuks Kuult? Kuu mass on  $7,4 \cdot 10^{22} \text{ kg}$ , raadius 1700 km.
194. Millises punktis on Maad ja Kuud ühendaval sirgel nende ühise gravitatsioonivälja tugevus null? Võib arvestada,



et Maa mass on 81 korda suurem Kuu massist.

195. Peene varda mass on  $m$  ning pikkus  $l$ . Arvutada varda gravitatsioonivälja tugevus ja potentsiaal punktis, mis asub kaugusel  $a$  ( $a > \frac{l}{2}$ ) varda keskpunktist varda sihis.
196. Õhukese ketta mass on  $m$  ning raadius  $R$ . Määrata selle ketta gravitatsioonivälja tugevus ja potentsiaal punktis, mis asub ketta teljel kaugusel  $a$  tema tasapinnast.

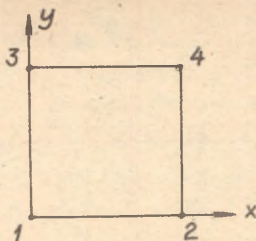
## 7. Staatika

197. a) Kolm jõudu - 9 N, 8 N ja 12 N - on rakendatud ühes punktis ja moodustavad omavahel täisnurgad. Määrata nende jõudude resultant.
- b) Sama ülesanne, kuid jõud on võrdsed ( $\hat{=}$  10 N) ja nendevahelised nurgad on  $60^\circ$ .
198. 10 kg-ne latern riputatakse tänava kohale köie abil, mis kannatab tõmmet kuni 490 N. Tänavala laius on 10 m ja latern peab asuma selle keskpäigas 5 m kõrgusel maapinnast. Kui kõrgele maja seintele tuleb kinnitada köie otsad?
199. 1,7 m pikkuse paela otsad on kinnitatud kahe samal kõrgusel asuva naela külge, mille vahemaa on 1,5 m. Paela keskel ripub 200 g-ne keha. Määrata paela pingutav jõud.
200. Kera massiga 5 kg toetub kahele tasapinnale, millest üks moodustab horisondiga  $35^\circ$ -se, teine  $20^\circ$ -se nurga. Määrata tasapindade reaktsioonid kera rõhumisele.
201. a) Kolm kuulikest ( $m_1 = 100$  g;  $m_2 = 400$  g;  $m_3 = 500$  g) on asetatud täisnurkse kolmnurga tippudesse, mille kaatetite pikkused on 7 cm ja 3 cm (joon. 13). Määrata niisuguse süsteemi massikeskme koordinaadid.



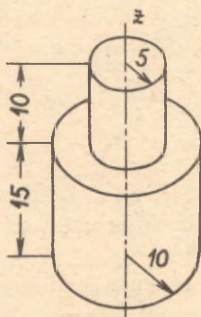
Joonis 13.

- b) Sama küsimus, kui neli kuuli-  
kest ( $m_1 = 300$  g;  $m_2 = 400$  g;  
 $m_3 = 200$  g;  $m_4 = 100$  g) aset-  
sevad ruudu tippudes, mille  
külje pikkus on 10 cm (joon.  
14).



Joonis 14.

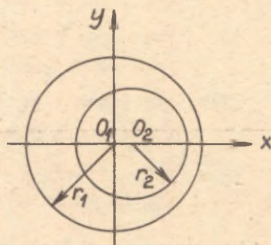
202.



Joonis 15.

Määrata joonisel 15 kujutatud  
homogeense keha massikeskme  
asukoht. Keha mõõtmed on antud  
cm-tes.

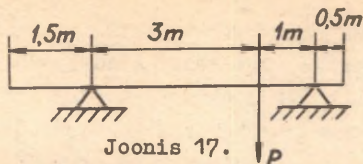
203. Homogeenses kettakujulises  
plaadis raadiusega  $r_1 = 5$  dm  
on ümmargune ava raadiusega  
 $r_2 = 3$  dm (joon. 16). Plaadi  
ja ava tsentrete vahemaa  
 $O_1O_2 = 1$  dm. Määrata niisugu-  
se plaadi massikeskme asukoht.



Joonis 16.

204. Määrata homogeense poolketta massikeskme kaugus teda pii-  
ravast diameetrist.
205. Määrata homogeense koonuse massikeskme kaugus tema alu-  
sest.
206. Homogeensest materjalist valmistatud ümmarguse püstkoo-  
nuse potentsiaalne energia on ühesugune koonuse püst-  
ja pikaliasendis. Määrata selle koonuse moodustaja ja  
telje vaheline nurk.
207. Kaele toele asetatud saelaulal seisab inimene (joon.17).  
Laua kaal  $Q = 800$  N, inimese kaal  $P = 600$  N. Määrata  
tugede reaktsioonid.

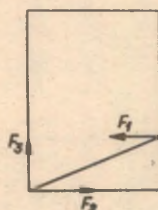




Joonis 17.

208. Kaalukangi pikkus  $2\ell = 30$  cm, kangi mass  $m = 300$  g, osuti pikkus  $D = 30$  cm. Kui asetada tasakaalus oleva kaalu ühele kausile lisakoormus  $\Delta m = 0,01$  g, nihkub osuti ots  $k = 0,3$  cm. Määrata kaalukangi massikeskme kaugus prisma toetuservast.

209. Siledasse silindrilisse klaas-anumasse on asetatud klaaspulk (joon. 18). Silindri raadius on 7 cm, pulga pikkus 15 cm, tema mass 30 g. Määrata anuma seinte ja põhja reaktsioonid  $F_1$ ,  $F_2$  ja  $F_3$ .



Joonis 18.

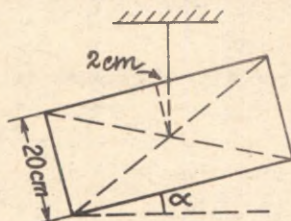
210. Kiiluga, mille tipunurk on  $30^\circ$ , lõhestatakse palki.

Milline peab olema hõõrdetegur  $k$ , et kiil tagasi ei libiseks?

211. Redel seisab horisontaalsel põrandal ning toetub vastu püstseina. Hõõrdetegur redeli ja põranda vahel on 0,5 ning redeli ja seina vahel 0,4. Redeli massikeskme asub selle keskpunktis. Määrata minimaalne nurk redeli ja põranda vahel, mille juures redel maha ei libise. Kas sellises asendis redel libiseb maha, kui inimene astub redeli 1) alumisele, 2) ülemisele pulgale?

212. Puitvarb pikkusega  $\ell = 1$  m ning tihedusega  $D = 0,8$  g/cm<sup>3</sup> on riputatud ühte otsa pidi üles. Varva teine ots on vees. Millise nurga moodustab varb vertikaalsihiga tasakaaluasendis, kui varva ülemine ots asub veepinnast 1)  $h_1 = 30$  cm, 2)  $h_2 = 70$  cm kõrgusel?

213. 20 cm paksune pruss on riputatud üles nii, nagu see on näidatud joonisel 19: nõõri kinnituspunkt on nihutatud ülemise tahu keskpunktist 2 cm võrra. Missuguse nurga  $\alpha$  moodustab pruss horisondiga tasakaalasendis?



Joonis 19.

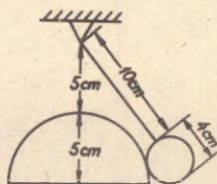
214.



Joonis 20.

Kaks ühesugust ümmargust kuuli ( $R = 3$  cm;  $m = 1$  kg) ripuvad võrdsete pikkustega paelte ( $\ell = 12$  cm) otsas, mis on kinnitatud samas punktis (joon. 20). Määrata paeltele mõjuv tõmbejõud ning kuulide vastastikune surve.

215. Joonisel 21 kujutatud kuul toetub poolkera pinnale. Määrata teda kandvale paelale mõjuv tõmbejõud ning jõud, millega kuul mõjutab poolkera, kui kuuli mass on 80 g.

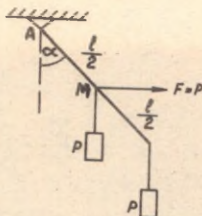


Joonis 21.

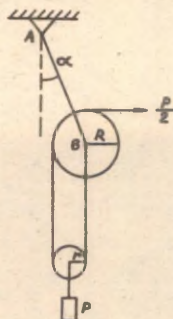
216. Joonisel 22 kujutatud varras saab vabalt pöörelda oma ülemise otsa A ümber. Varda keskpunktis M on rakendatud horisontaalne jõud F ning riputatud koormus P. Teine samasugune koormus P ripub varda alumises otsas. Missuguse nurga  $\alpha$  moodustab varras vertikaalsihiga



süsteemi tasakaaluolekus, kui  $F = P$  ning varras on kaalutu?



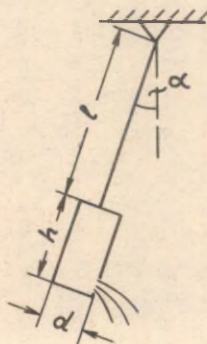
Joonis 22.



Joonis 23.

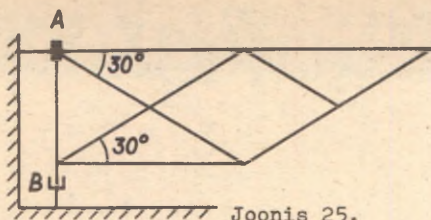
217. Joonisel 23 kujutatud süsteemis saab varras AB pöörlelda ülemise otsa A ümber. Plokiketaste raadiused  $R : r = 2 : 1$ . Millise asendi vertikaalsihi suhtes võtab varras süsteemi tasakaaluolekus, kui varras ja plokikettad on kaalutud?

218. Silindriline paak ( $d = 20$  cm;  $h = 1$  m) on jäigalt kinnitatud peene varva otsa ( $\ell = 3$  m), mille teine ots on šarniiri abil kinnitatud lakke (joon. 24). Paak on täidetud veega, mis voolab välja paagi seinas selle põhja juures olevast külgevast pindalaga  $S = 2$  cm<sup>2</sup>. Millise nurga võrra kaldub vertikaalasendist kõrvale paaki kandev varras? Vee nivoo langemine paagis jätta arvestamata.



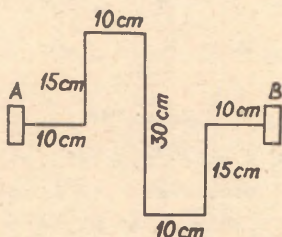
Joonis 24.

219. Joonisel 25 kujutatud värav on valmistatud ühesuguse ristlõikega raudvarbadest. Tugi A on ehitatud nii, et ta ei kannu vertikaalset koormust. Varda AB mass on 50 kg. Määrata tugele A ja B mõjuvad jõud.



Joonis 25.

220. Joonisel 26 kujutatud väntvõlli mudel on valmistatud



Joonis 26.

raudvitsast läbimõõduga 1 cm. Millist survet avaldab selline võll laagritele A ja B, kui ta pöörleb sagedusega 5 pööret sekundis: 1) hetkel, mil võll asub vertikaaltasandis ning 2) hetkel, mil ta on horisontaalasendis?

221. a) Kui palju tööd tuleb teha raudkuubi (massiga 200 kg) kantimisel, pöörates kuupi ühelt tahult teisele üle serva horisontaalsel tasapinnal?

b) Sama küsimus, kui kerge kuubikujuline kast servaga 1 m on pooleni täidetud veega.

222. Kuubikujulist kasti viidi horisontaalpinda mööda kaugusele  $L$  kahel viisil: 1) kantides üle serva; 2) libistades mööda pinda. Milline peab olema hõõrdetegur kasti ja pinna vahel, et mõlemal juhul tehtaks sama palju tööd?

### 8. Jäiga keha pöörlemine

223. Hooratas pöörleb sagedusega 10 pööret sekundis. Pidurdamisel hakkab ta pöörlema ühtlaselt aeglustuvalt ning pärast pidurdamise lõppu pöörleb uuesti ühtlaselt, kuid uue sagedusega 6 pööret sekundis.

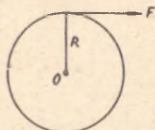


Määrata hooratta nurkkiirendus pidurdamisel ning pidurdamise kestus, teades, et pidurdamise jooksul tegi ta 50 pööret.

224. Kaks kuulikest massiga  $m_1 = 40 \text{ g}$  ja  $m_2 = 120 \text{ g}$  on ühendatud vardaga, mille pikkus  $\ell = 20 \text{ cm}$  ning mass tähtsuselt väike. Määrata selle süsteemi inertsimoment telje suhtes, mis läbib tema massikeset ning on vardaga risti.
225. Neli ühesugust punktmassi  $m$  asuvad ruudu tipudes, mille külje pikkus on  $a$ . Määrata niisuguse süsteemi inertsimoment  $I$  telje suhtes, mis asub ruudu tasapinnas, läbib selle tsentrit ning moodustab  $45^\circ$ -st erineva teravnurga  $\beta$  ruudu diagonaaliga.
226. Määrata peene varda ( $m, \ell$ ) inertsimoment kolmel järgneval juhul: 1) telg läbib varda keskpunkti, moodustades sellega  $30^\circ$ -se nurga; 2) telg on paralleelne vardaga ning asub vardast kaugusel  $a$ ; 3) telg on risti vardaga ning asub selle keskpunktist kaugusel  $b$ .
227. Kui palju peab pikendama 75 cm pikkust ühtlast varrast, et tema inertsimoment varda keskpunkti risti vardaga läbiva telje suhtes kahekordistuks?
228. Määrata homogeense ketta inertsimoment telje suhtes, mis asub ketta tsentrist 20 cm kaugusel ning on risti tema tasapinnaga. Ketta mass on 0,7 kg, tema raadius 0,8 m.
229. Määrata Maa impulsimoment tema polaartelje suhtes. Maad võib pidada keraks raadiusega 6400 km ning keskmise tihedusega  $5,5 \text{ g/cm}^3$ .
230. Peenike varras, mille pikkus on 40 cm ning mass 100 g, pöörleb varda otspunkti temaga risti läbiva telje ümber, tehes 2 pööret sekundis. Määrata selle varda kineetiline energia.
231. Määrata ketta kineetiline energia, kui see pöörleb tema raadiuse keskpunkti ketta tasapinnaga risti läbiva tel-

je ümber, tehes kaks pööret sekundis. Ketta mass on 2 kg, tema raadius 20 cm.

232. Kera, mille mass on 5 kg ning raadius 20 cm, pöörleb tema välispinda puudutava telje ümber, tehes neli pööret sekundis. Määrata selle kera kineetiline energia.
233. a) 100 g-se massiga ketas veereb horisontaalset tasapinda mööda kiirusega 2 m/s. Määrata selle ketta kineetiline energia.  
b) Sama küsimus rõnga kohta, mille mass ja kiirus on vastavalt 0,2 kg ja 1 m/s.
234. Millise osa moodustab pöörlemise energia kogu kineetilisest energiast 1) rõnga, 2) silindri ja 3) kera veermisel?
235. Kuulike läbimõõduga  $d = 6$  cm veereb mööda põrandat ning jääb seisma  $t = 2$  s pärast, läbinud tee pikkusega  $s = 70$  cm. Määrata veermise hõõrdetegur  $k$ , pidades seda jäävaks.
236. 1) Homogeensele kettale ( $m, R$ ), mis saab vabalt pöörelda ketta tsentrit risti tema tasapinnaga läbiva telje  $O$  ümber (joon. 27), on mähitud pael. Paela otsast tõmmatakse jõuga, mis võrdub poolega ketta kaalust. Kui pika aja  $t_1$  jooksul teeb ketas esimese täispöörde?



Joonis 27.

matakse jõuga, mis võrdub poolega ketta kaalust. Kui pika aja  $t_1$  jooksul teeb ketas esimese täispöörde?

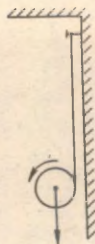
2) Sama ketas, olles pandud pöörlema sagedusega  $\nu_1$ , hakkab mitmesuguste takistuste tõttu pöörlema ühtlaselt aeglustuvalt ning jääb täielikult seisma aja  $t_2$  jooksul. Kui palju täispöördeid  $N_2$  teeb ketas pidurdamise kestel? Kui suur oli summaarne pidurdav moment?

237. Silinder massiga 10 kg on asetatud horisontaalsele teljele, mille ümber ta saab vabalt pöörelda. Silindrile on mähitud peal, mille otsas ripub 2 kg-ne viht. Millise kiirusega hakkab see laskuma?



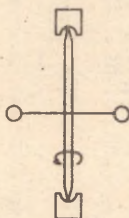
238. Horisontaalsele teljele on paigutatud rihmaratas raadiusega 8 cm. Rattale on mähitud pael, mille otsas ripub 1 kg-ne koormus. Laskudes ühtlaselt kiirenevalt, läbis koormus 1,6 m 2 s kestel. Määrata ratta inertsimoment.

239. Võlli ( $R = 5$  cm) ümber on mähitu kaks paela, mille otsad on kinnitatud vertikaalse seina külge (joon. 28). Kui võll vabastada, hakkab ta mööda seina alla veerma. Millise nurkkiiruse saavutab võll, kui ta on laskunud  $h = 2$  m võrra? Kui palju kulus selleks aega?



Joonis 28.

240.



Joonis 29.

Vertikaalsele võllile on kinnitatud sellega risti olev 1 m pikkune peenike varras (joon. 29), mille inertsimomendi võib jätta arvestamata. Varda kummaski otsas asuvad ühesugused kuulikesed ning kogu süsteem pöörleb mingi seadusega  $\gamma$ . Võlli pidurdamisel teeb see viimase 5 s jooksul  $N$  pööret. Kui kuulikeste kaugust teljest vähendada, siis samades

pidurdustingimustes teeb võll viimased  $N$  pööret 3 s jooksul. Milline on nüüd kuulikeste kaugus teljest?

241.



Joonis 30.

Peenike varras ( $m, \ell$ ) saab pöörelda vabalt horisontaalse telje  $O$  ümber, mis on risti vardaga ning läbib varda keskpunkti (joon. 30). Varda otspunkti  $A$  kinnitatakse väike kuulike - punktmass  $m' = \frac{m}{3}$  ning otspunkti  $B$  samuti väike kuulike - punkt-

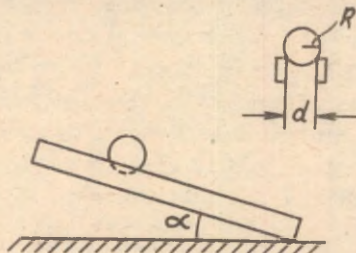
mass  $m'' = \frac{m}{6}$ . Süsteem vabastatakse joonisel 30 kujutatud horisontaalasendis.

- 1) Määrata varda pöörlemise nurkkiirenduse  $\varepsilon$  sõltuvus pöördenurgast  $\varphi$  ning arvutada  $\varepsilon$  väärtused varda otspunkti A asudes asendites  $A_0, A_1, A_2$  ja  $A_3$  (punktid  $A_1$  ja  $A_2$  jagavad kaare  $A_0A_3$  võrdseteks osadeks). Varda pikkuseks võtta  $\ell = 0,2$  m.
  - 2) Määrata punkti A kiirenduse tangentsiaal- ja normaalkomponendid selle asudes  $A_0$ -s ja  $A_3$ -s.
242. Hooratas pannakse pöörlema, rakendades talle momenti 39 Nm. Millise kineetilise energia saab hooratas, kui tema inertsimoment on  $78 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$  ning ühtlaselt kiirenev pöörlemine kestis 10 s?
243. Mootori võimsus on 1 kW, tema ankur teeb 240 pööret minutis. Määrata pöördemoment.
244. Mootor võimsusega 0,1 kW käivitab treipingi. Treipingil töödeldava puitsilindri läbimõõt on 6 cm ning ta pöörleb sagedusega 600 pööret minutis. Määrata jõud, millega tera lõikab laastu, arvestades, et treipingi võimsus moodustab 80% mootori võimsusest.
245. Et panna hooratas pöörlema sagedusega 8 pööret sekundis, tuli teha 1 kJ tööd. Millise impulsimomendi sai hooratas?
246. Kettakujuline hooratas ( $m = 50 \text{ kg}$ ,  $R = 20 \text{ cm}$ ) pöörleb, tehes 480 pööret minutis. Hõõrdumise tõttu jääb ta seisma. Määrata hõõrdejõu moment, kui ratas 1) jääb seisma 50 s jooksul, 2) teeb seisma jäämiseni 200 täispööret.
247. Võll ( $m = 50 \text{ kg}$ ,  $r = 10 \text{ cm}$ ) pöörleb, tehes 600 pööret minutis. Vastu võlli silindrilist pinda surutakse piduriklots jõuga 40 N, mistõttu võll jääb seisma 10 s jooksul. Leida hõõrdetegur.
248. Millise joonkiiruse saavutab kera keskpunkt, kui kera veereb alla 1 m kõrguselt kaldpinnalt?
249. Kaldpinnalt, mille kõrgus on  $h$ , veerevad alla 1) peenike rõngas ja 2) silinder. Millise kiiruse  $v$  saavu-



tavad nende kehade tsentrid?

250. a) Kaldpinna kõrgus  $h = 0,5$  m, pikkus  $\ell = 10$  m. Kui palju aega kulub peenikesel rõngal seda pinda mööda allaveeremiseks?
- b) Sama küsimus ketta puhul, kui  $h = 0,5$  m ja  $\ell = 1,4$  m.
251. Vankrike massiga  $m$ , mille rattaid võib pidada ketasteks massiga  $m/4$ , hakkab veerema mööda kaldpinda, mis moodustab horisondiga nurga  $\alpha = 30^\circ$ . Millise aja jooksul läbib ta  $\ell = 98$  cm pikkuse tee?
252. Kaks tugevat joonlauda on asetatud paralleelselt  $d = 2$  cm kaugusele teineteisest ning  $\alpha = 5^\circ$  nurga all horisondiga (joon. 31). Millise kiirendusega veereb neid joonlaudu mööda alla kuulike, mille raadius  $R = 1,5$  cm?



Joonis 31.

Milline peab olema kuulikese raadius, et tema kulgliikumise energia oleks võrdne pöörlemise energiaga?

253. Kui suur peab olema hõõrdetegur  $k$ , et homogeenne silinder veereks libisemata kaldpinnalt, mis moodustab horisondiga nurga  $\alpha$ ?
- Arvutada hõõrdejõu väärtus, kui silindri mass  $m = 300$  g ning  $\alpha = 30^\circ$ .
254. Homogeenne kera veereb libisemata kaldpinnalt, mis moodustab horisondiga nurga  $\alpha$ . Määrata kaldpinna ja kera vahel mõjuv hõõrdejõud  $F$  ning kera keskpunkti kiirendus  $a$ .

255. Vertikaalne post pikkusega  $\ell = 5$  m saetakse maha maapinna juurest. Määrata posti ülemise otsa joonkiirus langemise lõpphetkel.
- Millise postipunkti kiirus on kogu langemise kestel niisugune, nagu on kehal, mis langeb vabalt samalt kõrguselt?
256. a) Ühtlane varras pikkusega 1 m on kinnitatud ühte otsa pidi horisontaalse telje külge. Millise nurga võrra peab kallutama varrast vertikaalasendist, et vabal võnkumisel tema alumine ots läbiks tasakaaluasendi kiirusega 5 m/s?
- b) Millise minimaalse kiiruse peab andma varda alumisele otsale, et varras teeks täispöörde ümber telje?
257. Vertikaalselt asetatud varda (pikkusega  $\ell$ ) ülemises otsas on kinnitatud väike muhv. Teatud ajahetkel vabastatakse muhv ning samal hetkel hakatakse varrast pöörama, tema alumist otsa läbiva horisontaalse telje ümber jääva nurkkiirusega  $\omega$ . Missugune peab olema  $\omega$  väärtus, et a) muhv libiseks varda alumise otsani aja kestel, mil varras pöörduv  $\pi/2$  võrra? Milline on sel hetkel muhvi kiirus? b) muhv üldse ei jõuaks pöörlemistelejeni?
258. Raske varras ( $M = 10$  kg;  $\ell = 1,5$  m) on ühte otsa pidi riputatud lakke šarniiri abil, mis võimaldab tal pöörelda praktiliselt hõõrdumiseta ümber horisontaaltelje. Varda keskpäika tabab horisontaalselt lendav kuul ( $m = 10$  g;  $v = 500$  m/s) ning tungib vardasse. Millise nurga võrra kaldub varras vertikaalasendist kõrvale?
259. Kettakujuuline platvorm ( $M = 180$  kg;  $R = 1,5$  m) pöörleb vertikaalse telje ümber sagedusega  $n = 10$  pöört minutis. Ketta tsentris seisab inimene ( $m = 60$  kg). Missuguse joonkiirusega hakkab inimene liikuma pööranda suhtes, kui ta läheb platvormi äärele?
260. Kettakujuuline platvorm, mille äärel seisab inimene, pöörleb vabalt ümber vertikaaltelje. Platvormi raadius



on 10 m ja tema mass 4 korda suurem inimese massist. Kuidas muutub platvormi nurkkiirus, kui inimene läheb 1) 0,5 m tsentri poole, 2) tsentrisse? Inimest vaadelda kui punktmassi.

261. Pöörleval (Žukovski) pingil seisab inimene ning hoiab väljasirutatud kätes kahte pommi, kumagi mass  $m = 2 \text{ kg}$ . Pommide vahemaa on seejuures  $\ell_1 = 1,5 \text{ m}$  ning pink pöörleb sagedusega  $n_1 = 1$  pööre sekundis. Kui inimene lasab käed alla ja pommide vahemaa väheneb  $\ell_2 = 80 \text{ cm}$ -ni, hakkab pink pöörlema sagedusega  $n_2 = 1,5$  pööret sekundis. Määrata inimese poolt tehtud töö  $A$ , pidades inimese inertsimomenti pöörlemistelje suhtes jäävaks.
262. Vabalt pöörlevale horisontaalsele teljele on kinnitatud plokk (homogeenne ketas massiga  $M$ ). Üle ploki on asetatud nöör, mille kummaski otsas ripub üks ahv massiga  $m$ . Üks ahvidest hakkab kiirusega  $u$  mööda nööri üles ronima. Millise kiirusega  $v$  hakkab liikuma teine ahv? Arvestada, et nöör plokil ei libise.

### 9. Võnkumised

263. Punktmassi võnkumise võrrand on  $x = 8 \sin \pi(t + 0,25)$  (pikkused mõõdetud sentimeetrites, aeg sekundites). Määrata selle võnkumise amplituud, periood ja algfaas (kraadides).
264. Harmooniliselt võnkuva punktmassi võnkeperiood on 2,4 s, amplituud 5 cm. algfaas null. Määrata selle punkti hälve, kiirus ja kiirendus 0,4 s pärast võnkumise algust.
265. Punktmass võngub harmooniliselt.
- Kui pika aja möödudes pärast tasakaaluasendi läbimist on punkti kiirus kaks korda väiksem maksimaalsest?
  - Milline on punkti võnkumise maksimaalse ja keskmise kiiruse suhe?
  - Milline osa perioodist kulub harmooniliselt võnkuvale punktil, et läbida 1) tee tasakaaluasendist ühe äärmise asendini, 2) esimene pool, 3) esimene kolmandik ja

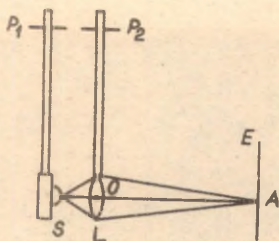
4) teine kolmandik sellest teest?

266. Harmooniliselt võnkuva punktmassi võnkeamplituud on 5 cm, ringsagedus  $2 \frac{1}{s}$ , algfaas null. Määrata selle punkti kiirendus hetkel, mil tema kiirus on 6 cm/s.
267. Punktmass 5 g võngub harmooniliselt sagedusega 0,5 Hz. Võnkeamplituud on 3 cm. Määrata selle punktmassi  
1) kiirus ajahetkel, mil hälve on 1,5 cm, 2) koguenergia.
268. Punktmassi 0,4 g võnkumise võrrand on  $x = 10 \sin 5t$  (pikkus mõõdetud sentimeetrites, aeg sekundites). Määrata selle võnkumise periood ning direksioonijõu ja kineetilise energia maksimaalsed väärtused.
269. Punktmass  $M$  massiga 100 g on sirgjoonelises liikumises jõu  $f$  mõjul, mis on suunatud punkti  $O$  poole ja mille väärtus on võrdeline kaugusega  $OM$ . Kui punktmass asub 1 cm kaugusel  $O$ -st, on  $f = 3,6 \cdot 10^{-2}$  N.  
a) Määrata selle liikumise periood.  
b) Kui võtta punkt  $O$  abstsissitelje alguspunktiks ja kui ajahetkel null punktmass on asendis  $O$  ning liigub seejuures kiirusega 30 cm/s positiivses suunas, milline on siis liikumise võrrand? Kuidas sõltuvad ajast liikumise kiirus ja kiirendus ning samuti jõud  $f$ ?  
c) Määrata ajahetk, mil punktmass läbib esmakordselt asendi  $x = -3$  cm positiivses suunas, ning leida võnkuva punkti kineetiline ja potentsiaalne energia samal hetkel.
270. Kaks sama sagedusega ühesihilist harmoonilist võnkumist liituvad üheks harmooniliseks võnkumiseks amplituudiga 6 cm. Leida liidetavate võnkumiste faaside vahe, teades, et nende võnkumiste amplituudid on 3 cm ja 4 cm.
271. Määrata kahe samasihilise võnkumise liitmisel tekkiva võnkumise amplituud ja algfaas ning kirjutada selle võnkumise võrrand, kui lähevõnkumiste võrrandid on  $x_1 = \sin \pi(t + 1/2)$ ,  $x_2 = \sin \pi(t + 1)$ . Pikkused on mõõdetud sentimeetrites, aeg sekundites.



272. Liituvad kaks ühesihilist harmoonilist võnkumist, mille võrrandid on  $x_1 = \cos \pi \left[ t(s) + \frac{1}{6} \right] \text{ cm}$  ja  $x_2 = 2 \cos \pi \left[ t(s) + \frac{1}{2} \right] \text{ cm}$ . Kirjutada resultantvõnkumise võrrand.

273.



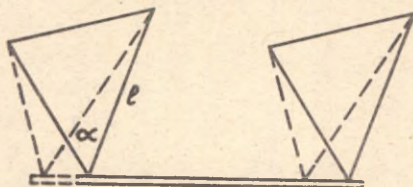
Kaks ühesugust pendlit  $P_1$  ja  $P_2$  (joon. 32), mille võnkesagedused on kummalgi 1 Hz, saavad võnkuda kahes paralleelses vertikaaltasapinnas. Esimesele pendlile on kinnitatud valgusallikas S, teisele - kumerlääts L optilise tsentriga punktis O. Kui mõlemad pendlid on liikumatult tasakaaluasendis,

Joonis 32.

on läätse tsentri ja valgusallika vaheline kaugus 50 cm ning läätsest 1,5 m kaugusel oleval ekraanil E tekib allika S kujutis A.

- Pendel  $P_1$  pannakse võnkuma amplituudiga 1 cm. Kirjutada punktide S ja A liikumiste võrrandid.
  - Pendli  $P_1$  paigaloleku ajal pannakse võnkuma pendel  $P_2$  amplituudiga 1 cm. Kuidas avalduvad nüüd punktid O ja A liikumised?
  - Samad küsimused juhul, kui mõlemad pendlid võnguvad amplituudiga 1 cm (1) samas faasis, (2) vastasfaasis, (3)  $P_1$  jääb  $P_2$ -st  $\pi/2$  võrra maha.
274. Punktmass võtab üheaegselt osa kahest vastastikku ristuvast harmoonilisest võnkumisest:  $x = 3 \cos \pi t$  ja  $y = 2 \cos \pi (t + 1/2)$ . Leida selle punkti trajektoori võrrand.
275. Punktmass võtab üheaegselt osa kahest vastastikku ristuvast harmoonilisest võnkumisest:  $x = 3 \sin t$ ;  $y = \cos t$ . Leida selle punkti võnkumise trajektoor.
276. Üks matemaatiline pendel võngub, tehes  $n_1 = 12$  võnget ajavahemikus, milles teine teeb  $n_2 = 13$  võnget. Määrata nende pendlite pikkuste suhe.

277. Peenike varb on riputatud üles nelja niidi abil, mille pikkused  $\ell = 80$  cm (joon. 33). Kahe kinnitusniidi vaheline nurk  $\alpha = 49^\circ$ . Määrata varva võnkeperiood.



Joonis 33.

278. Liftikabiinis ripub matemaatilise pendli mudel pikkusega  $\ell = 1$  m. Milline on selle pendli võnkeperiood, kui lift 1) laskub, 2) tõuseb kiirendusega  $a = 0,8 \text{ m/s}^2$ ?
279. Matemaatilise pendli mudel pikkusega  $\ell = 50$  cm võngub lennuki kabiinis. Määrata tema võnkeperiood, kui lennuk 1) liigub ühtlaselt, 2) liigub horisontaalselt kiirendusega  $a = 2,5 \text{ m/s}^2$ , 3) planeerib alla  $\alpha = 15^\circ$  nurga all horisondiga.
280. Matemaatilise pendli mudel asub vedelikus, mille tihedus on  $n = 1,2$  korda väiksem kuulikesse aine tihedusest. Niidi pikkus  $\ell = 10$  cm. Määrata selle pendli võnkeperiood, jättes arvestamata vedeliku takistuse tema liikumisele.
281. Pendel koosneb seatinakuulist massiga 20 g, mis ripub 2 m pikkuse niidi otsas.
- Arvutada selle pendli võnkeperiood väikeste hälvete korral.
  - Maksimaalse hälbe korral on kuul 20 cm kõrgusel, arvates tema tasakaaluasendi nivoost. Milline on kuuli kineetiline energia ning tema kiirus tasakaaluasendi läbimise hetkel?
  - Oletame nüüd, et läbides vertikaalasendit, kohtab pendel üht naela, mis asub punktis O' üks meeter

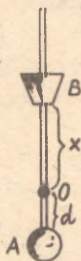


allpool niidi kinnituspunkti O. Kirjeldage pendli edasist liikumist. Milline on niidi pingete suhe pendli kahe äärmise asendi puhul? Määrata selle viimase liikumise periood väikeste hälvete korral.

282. Matemaatilise pendli mudel massiga  $m$  kallutatakse nurga  $\alpha$  võrra tema tasakaaluasendist ning lastakse vabaks. Avaldada selle pendli niidile mõjuv tõmbejõud massi  $m$ , amplituudi  $\alpha$  ning nurkhälbe  $\varphi$  funktsioonina.
- Vaadelda kahte erijuhtu: a)  $\alpha = 90^\circ$ ;  $\varphi = 0^\circ$ ;  
b)  $\alpha = 60^\circ$ ;  $\varphi = 0^\circ$ .
283. Kera raadiusega 5 cm on riputatud 10 cm pikkuse niidi otsa. Määrata sellise pendli võnkesagedus. Määrata viga, mille teeksime perioodi arvutamisel, pidades kirjeldatud süsteemi matemaatiliseks pendliks pikkusega 15 cm.
284. Määrata valgevasest pendli võnkeperioodi suhteline muutus temperatuuri tõustes 10 kraadi võrra. Kui palju jääb ööpäeva jooksul taha niisuguse pendliga varustatud kell, kui ta enne temperatuuri tõstmist käis täpselt?
285. Seinakell on paigutatud vaakumkupli alla ning tema pendli võnkeperiood on seal täpselt 2 sekundit. Kuidas muutub selle kella käik, kui lasta kupli alla õhk? Õhutakistus pendli võnkumisele jätta arvestamata ning arvestada ainult Archimedese üleslüket, teades, et pendli materjali tihedus on  $8,5 \text{ g/cm}^3$ . Õhu tiheduseks võtta  $1,25 \text{ g/l}$ .
286. Õhuke ristkülikukujuline plaat võngub ümber horisontaal-telje, mis asub plaadi tasapinnas ning on risti plaadi ühe küljega, mille pikkus on  $\ell$ . 1) Määrata võnkumiste periood, kui telg läbib plaadi ülemist serva. 2) Milline peab olema telje kaugus  $x$  ülemisest servast, et võnkumiste periood oleks minimaalne? Määrata selle minimaalse perioodi väärtus.
287. Peene varda otstel asuvad väikesed kuulikesed massiga 200 g ja 300 g. Varda mass on 400 g ning tema pikkus 30 cm. Kogu süsteem võngub varda keskpunkti läbiva hori-

sontaaltelje ümber raskusjõu mõjul. Määrata võnkumiste periood.

288. Metronoomi pendel koosneb tähtsusetult väikese massiga vardast AB, mille alumises otsas A on raske kuulike



Joonis 34.

massiga  $M$  ning mis saab võnkuda ümber horisontaaltelje  $O$  ( $AO = d$ ). Teisel pool telge saab liikuda mööda varrast ratsur B massiga  $m$ , mille kaugus teljest  $x$  on soovikohaselt muudetav (joon. 34).

- Määrata selle pendli võnkeperiood.
- Kus peab asuma ratsur, et võnkeperiood oleks lõpmata suur?

289. Peenikesest traadist pikkusega  $4\ell$  on painutatud ruudukujuline kontuur, mis saab võnkuda ühe külje AB ümber, mis moodustab horisontaalse võnketelje. Määrata selle pendli võnkeperiood.

Traadi aine joonpaisumise tegur on  $10^{-5} \text{ 1/K}$  ning traadi pikkus  $0^\circ$  juures 4 m. Arvutada võnkeperioodi muutus, kui temperatuuri tõsta 10 K võrra.

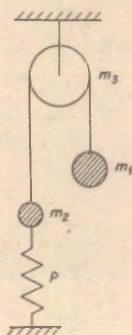
290. Homogeenne ketas raadiusega  $r = 24 \text{ cm}$  võngub raskusjõu mõjul horisontaaltelje ümber, mis läbib ketta raadiuse keskpunkti risti ketta tasapinnaga. Määrata võnkeperiood.

291. Peenest traadist rõngas raadiusega 1 m temperatuuril  $0^\circ\text{C}$  võngub raskusjõu mõjul ümber horisontaaltelje, mis läbib tema diameetri  $AA'$  otspunkti A risti rõnga tasapinnaga.

- Määrata võnkeperiood.
- Kuidas muutub perioodi väärtus, kui temperatuur tõuseb 2 K võrra? Metallil joonpaisumisteguriks võtta  $2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$ .
- Tõestada, et periood ei muutu, kui kinnitada rõngale diameetri otsas  $A'$  lisakoormus (punktmass  $m'$ ).

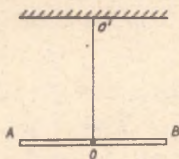


292. Mingi keha võngub raskusjõu mõjul horisontaaltelje ümber perioodiga 0,5 s. Kui kinnitada selle keha külge punktmass 50g 10 cm allpool võnkumistelge, siis hakkab ta võnkuma perioodiga 0,6 s. Määrata keha inertsi-moment võnkumistelje suhtes.
293. Vedru otsa riputati kuulike, mille mõjul vedru pikenes 10 cm võrra. Millise perioodiga hakkab võnkuma see kuulike vertikaalsihis, kui ta tasakaaluasendist välja viia?
294. Vedru otsa riputatud kuulike võngub vertikaalsihis perioodiga 0,6 s. Määrata selle kuulikese mass, kui on teada, et 100 g-ne keha sama vedru otsas võngub perioodiga 0,4 s.
295. Vertikaalselt püsti pandud spiraalvedrule, mille massi võib pidada tähtsusetult väikeseks, asetatakse kuulike massiga  $m$ , mille raskuse mõjul vedru lüheneb  $a$  võrra. Tõestada, et süsteemi vedru - kuul võnkumised vertikaalsihis on sama sagedusega kui matemaatilisel pendlil pikkusega  $a$ .
296. Süsteemi (joon. 35) tasakaaluolekus on vedru  $P$   $\Delta l = 7$  cm välja venitatud. Plokk on homogeenne keha massiga  $m_3 = 100$  g. Koormused  $m_1 = 300$  g;  $m_2 = 100$  g. Kui viia süsteem tasakaalust välja, hakkab ta võnkuma. Määrata nende võnkumiste periood. Hõõrdumine ploki teljel ja paela mass jätta arvestamata.
297. Vaguni vedrud painduvad 1 t-se koormuse mõjul 16 mm võrra. Roobaste jätkukoha ületamisel saab vagun tõuke, mille tulemusena langeb vedrule koormus 5,5 t. Milline peab olema rongi kiirus, et vedrud painduksid maksimaalselt, kui roobaste pikkus on 12,5 m?



Joonis 35.

298.



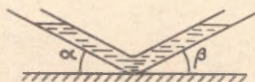
Joonis 36.

Määrata varda AB inertsimoment telje  $OO'$  suhtes ja traadi väändetegur.

299. Areomeeter, mille silindrilise torukese läbimõõt on  $D$ , ujub vedelikus tihedusega  $\rho$  ning, saanud väikese vertikaalse tõuke, hakkab võnkuma. Määrata nende võnkumiste periood, kui areomeetri mass on  $m$ . Vedeliku liikumine ja samuti ka tema takistus areomeetri liikumisele jätta arvestamata.

300. Määrata elavhõbeda võnkeperiood ühtlase ristlõikega U-torus. Elavhõbeda mass on  $121$  g, toru ristlõikepindala  $0,3 \text{ cm}^2$ .

301. Joonisel 37 kujutatud torusse on valatud vedelik, kusjuures vedeliku samba kogupikkus on  $\ell$ . Toru harud moodustavad horisondiga nurgad  $\alpha$  ja  $\beta$ .



Joonis 37.

Kui viia vedelik tasakaalust välja, hakkab ta võnkuma. Määrata nende võnkumiste periood. Kapillaarjõud ja si-sehõõrdumine jätta arvestamata.

302. Oletame, et maakera läbib kanal, mis kulgeb mööda tema diameetrit. Maakera võib pidada homogeenseks keraks tihedusega  $\rho = 5,5 \text{ g/cm}^3$ . Kui palju aega kulub kehal liikumiseks Maa pinnalt tema tsentrini mööda sellist kanalit?

303.  $1 \text{ m}$  pikkuse matemaatilise pendli mudeli võnkeamplituud väheneb  $10$  min jooksul kaks korda. Määrata võnkumiste sbumise logaritmiline dekrement.



304. Määrata 0,8 m pikkuse pendli võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement, kui tema võnkumiste amplituud 5 min jooksul vähenes 5°-st 30'-ni.
305. Pendli võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement on 0,003. Kui palju täisvõnkeid peab pendel tegema, et tema amplituud väheneks poole võrra?
306. Pendli võnkumiste algamplituud on 3 cm. 10 s pärast on amplituud 1 cm. Millise aja möödudes on amplituud 0,3 cm?
307. Heliargi võnkesagedus on 600 Hz, tema võnkumiste sumbumise logaritmiline dekrement 0,0008. Millise aja kestel väheneb võnkumiste energia  $10^6$  korda?
308. Seinakella pendli mass on 40 g, võnkeperiood 0,4 s ja tema massikeskme võnkeamplituud 7 mm. Kui kell on üles keeramata, siis pendli võnkeamplituud väheneb poole võrra kolme täisvõnke kestel. Määrata kasulik töö, mis tehakse kella üleskeersamisel nädalaks.
309. Antud süsteemi sundvõnkumiste kiiruse amplituudväärtused on võrdsed sundiva jõu kahe sageduse puhul ( $\nu_1 = 200$  Hz ja  $\nu_2 = 300$  Hz). Arvestades, et selle jõu amplituudväärtused on mõlemal korral võrdsed, määrata süsteemi kiiruse resonantssagedus.

#### 10. Lained

310. Ristlaine levib mööda elastset paela kiirusega 15 m/s. Paela punktide võnkeperiood on 1,2 s, amplituud 2 cm. Määrata 1) laine pikkus; 2) laineallikast 45 m kangusel asuva punkti hälve, kiirus ja kiirendus ajahetkel 4 s.
311. Elastses keskkonnas levivad 5 m pikkused lained. Määrata kahe samal kiirel asuva keskkonnapunkti võnkumiste faasivahe, kui nende punktide vahemaa on 7 m.
312. Laine, mille periood on 2 s, levib elastses keskkonnas kiirusega 20 m/s. Määrata kahe ühel kiirel asuva punkti

võnkumiste faasivahe, kui üks nendest on 20 m ning teine 30 m kaugusel laineallikast.

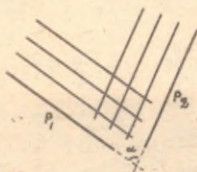
313. 25 m pikkuse nööri üks otspunkt võngub seaduse järgi:  
 $y = 3 \sin(125,6 t + \pi/3)$  ning on teada, et ristlaine  
(cm) (s)  
jõuab nööri teise otsa 2,5 sekundiga.  
a) Milline on lainepikkus?  
b) Määrata ajahetkel  $t = 2$  s allikast 3,5 m kaugusel  
oleva nööri punkti hälve ja kiirus, jättes arvesta-  
mata peegeldunud laine mõju.

314. Helihark, mille sagedus on 200 Hz, võngub pidevalt ning puudutab tema harude külge kinnitatud kahe teravikuga  $S'$  ja  $S''$  elavhõbeda pinda. Teravikevaheline kaugus on 4,8 cm, nende võnkeamplituud 2 mm ning lainete levimise kiirus elavhõbeda pinnal 1,2 m/s.

Määrata:

- a) löigu  $S'S''$  keskpunkti O võnkumiste amplituud,  
b) punkti P hälbed ajahetkedel  $t_1 = 2$  s ja  $t_2 = 2,032$  s, kui punkt P asub sirgel  $S'S''$  1,6 cm kaugusel esimesest allikast, teades, et ajahetkel null kummagi allika hälbed on nullid ning  $S'$  ja  $S''$  liiguvad mõlemad ülespoole.
315. Kahe allika  $S'$  ja  $S''$  vahemaa on 20 cm, nende võnkesagedused 50 Hz ning amplituudid 2 mm kummalgi, kusjuures võnkumised on samasihilised. Kummagi allika poolt tekitatud ristlained kohtuvad punktis M, kusjuures  $S'M = 80$  cm ja  $S''M = 75$  cm ning lained levivad keskkonnas kiirusega 1,2 m/s jääva amplituudiga. Kirjutada punkti M võnkumise võrrand.
316. Kaks vertikaalset plaati  $P_1$  ja  $P_2$  võnguvad sünkroonselt vertikaalsihis ning puudutavad vedeliku pinda, tekitades sellel kaks süsteemi tasalaineid (joon. 38).  
a) Leida maksimaalse amplituudiga võnkuvate punktide geomeetrilised kohad.  
b) Sama küsimus liikumatute punktide kohta.





Joonis 38.

- c) Kui plaadid  $P_1$  ja  $P_2$  on omavahel risti, nende võnkesagedused 20 Hz ning amplituudid 3 mm kummalgi, siis millise amplituudiga võnguvad vedeliku pinna punktid, mis on nurga  $P_1P_2$  poolitajast 2 mm kaugusel? Lainete levimise kiirus on 40 cm/s.

317. Kinniste otstega toru pikkus on 1,7 m. 1) Arvutada torus oleva õhusamba omavõnkesagedused. 2) Millistele sagedustele resoneerib selline toru, kui ta on ühest otsast lahti?
318. Kui pika aja jooksul levib pikilaine 30 m pikkuse koridori ühest otsast teise, kui koridor on täidetud kuiva õhuga normaalingimustes (760 mm Hg; 0°C)? Kuidas muutub vastus, kui tõsta koridoris oleva õhu temperatuuri 2 K võrra?
319. a) Ühest otsast lahtise toru teises otsas on flöödi huulik. Milline on selle toru pikkus, kui 15°C õhuvoolu puhul tema põhitooniks on  $la_3$  (435 Hz)? Sama küsimus, kui toru ots on suletud.
- b) Kui palju peab muutuma viilesse puhutava õhu temperatuur, et kõrv kuuleks selle tooni muutumist? On teada, et kõrv eraldab toone, mis erinevad 1/80 võrra nende sagedusest.
320. 45 cm pikkuse toru üks ots on kinnine, teises otsas on flöödi huulik. Milline on tekkiva hääle põhisagedus, kui torusse puhuda õhku temperatuuriga 15°C? Teise samasugusesse torusse puhutakse lämmastikku temperatuuriga samuti 15°C. Milline on selle hääle põhisagedus? Arvutada kahe eelnevalt kirjeldatud vile põhitoonide intervall. Kas see on kuuldav? Milline efekt tekib, kui mõlemad torud helisevad samaaegselt?

- a) Kas on võimalik saavutada unisooni, lühendades ühte kirjeldatud torudest? Kumba? Kui palju?
- b) Kas on võimalik saavutada unisooni, soojendades ühte gaasi? Millist? Kui palju?
- c) Kuidas muutuvad kõigi eelnevate küsimuste vastused, kui avada kummagi toru huuliku vastasotsad?
321. Klaverikeele mass on 4,75 g, tema pikkus 1,21 m ning ta on pingutatud jõuga 390 N. Määrata selle keele põhitooni sagedus.
322. Viulikeele massi joontihedus on 0,8 g/m ning tema kasulik pikkus 33 cm. Kuidas peab seda keelt pingutama, et ta annaks põhitoonina la<sub>3</sub> sagedusega 435 Hz? Teades, et inimese kõrv eraldab sageduse muutumist 1/80 võrra, arvutada, kui palju võib vähendada keelt pingutavat jõudu, ilma et kõrv kuuleks tooni muutumist?
323. Keele põhitooni sagedus on 250 Hz. Arvutada selle keele uus põhitooni sagedus, kui tema kasulik pikkus väheneb kaks korda ning teda pingutav jõud kasvab kahekordseks.
324. Milline peab olema keele pikkus, et tema lühendamisel 10 cm võrra võnkesagedus suureneks poolteist korda?
325. Kaks ühesuguse pikkusega keelt on võrdselt pingutatud. Keeled on valmistatud samast materjalist, kuid ühe läbimõõt on kaks korda suurem teise omast. Kuidas suhtuvad nende omavõnkeperioodid?
326. Terastraat AB pikkusega 20 m ning läbimõõduga 0,5 mm on pingutatud jõuga 98 N.
- a) Kui pika aja jooksul levib ristlaine traadi ühest otsast teise?
- b) Kui traadi otsapunkt A on ristlaine allikaks sagedusega 2 Hz, milline on siis traadis leviva laine pikkus? Kuidas muutub see lainepikkus, kui traati pingutav jõud väheneb 1% võrra?
- c) Millise väärtuse peab saama sagedus, kui soovitakse, et traadi kaks punkti vahemaa 2 m võngusid vastasfassides?



327. Kahest otsast kinnitatud 1,5 m pikkuses pingul olevas terastraadis läbimõõduga 0,25 mm tekitatakse elektromagnetilise abil, mida toidetakse 50 Hz-se vahelduvvooluga, kolme paisuga seisevaine.

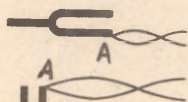
a) Määrata traadi pinget.

b) Sagedust suurendatakse 1%, võrra. Kuidas peab muutma traadi pikkust, et taastada eelmine olukord?

c) Kõrvaldanud elektromagnetilise, puudutatakse traati kergelt tema keskpunktis. Milline on nüüd madalaim võimalik võnkesagedus?

328. a) Pingutatud traadi ( $\ell = 80$  cm;  $m = 2,8$  g) otspunkt

(a)



(b)



A pannakse võnkuma helihargi abil joonisel 39(a) näidatud viisil. Helihargi võnkesagedus on 200 Hz. Traadis tekib nelja paisuga seisevaine. Määrata traadi pingutav jõud.

b) Muutmata traadi pinget, tekitatakse temas rist-

Joonis 39.

lained sama helihargi abil joonisel 39(b) näidatud viisil. Traadis tekib seisevaine, kuid seekord ainult kahe paisuga. Kuidas seda seletada?

329. Ketas, mille servas on 10 ühtlaselt asetatud ava, pöörleb ühtlaselt, tehes 2325 pööret minutis. Ketta taha asetatud valgusallikas osutub niiviisi perioodiliselt kaetuks. Ketta ees asub 1 m pikkune 0,5-mm läbimõõduga pinguletõmmatud terastraat, mis võngub kolme paisuga ning tekitab heli sagedusega vahemikus 300 ja 500 Hz. Antud allika valguses näib traat liikumatuna.

a) Milline on ristlainete levimise kiirus traadis?

b) Kui suur on traadi pingutav jõud?

c) Kui suure sagedusega heli tekitab see traat, kui ta võnguks ühe paisuga? Kahe paisuga?

d) Ketta pöörlemise sagedust muudetakse ning nüüd on see 2319 pööret minutis. Arvutada traadi võnkumiste

näiv periood, kui ta võngub kolme paisuga ning on valgustatud samast valgusallikast läbi pöörleva ketta.

330. Udukogu spektris esineva vesinikujoone ( $H_{\alpha}$ ) lainepikkus osutus võrdseks 669,3 nm. Milline on selle udukogu ja Maa suhteline kiirus, kui paigalseisva allika puhul sama joone lainepikkus on 656,3 nm?
331. Kui suur peab olema punase valguse ( $\lambda = 630$  nm) allika ja vaatleja suhteline kiirus, et vaatleja näeks punast valgust rohelisena ( $\lambda = 510$  nm)?
332. Kaks autot A ja B liiguvad mööda sirget teed. Kumbagi auto signaali helisagedus on 240 Hz. Kui A liigub B suunas kiirusega 108 km/h, siis millise sagedusega heli kuuleb kumbki juht
- a) enne kohtumist,
  - b) pärast kohtumist
- kolmel erineval juhul:
- 1) B seisab paigal,
  - 2) B liigub A suunas kiirusega 54 km/h,
  - 3) B liigub samas suunas mis A kiirusega 54 km/h?
- Hääle kiiruseks õhus võtta 340 m/s.

#### 11. Elastsed deformatsioonid

333. 1,5 m pikkune traat, mille ristlõikepindala on 0,5 mm<sup>2</sup>, pikenes 39 N-se jõu mõjul 1 mm võrra. Määrata selle traadi aine elastsusmoodul.
334. Malmseamba kõrgus on 2,4 m, ristlõikepindala 150 cm<sup>2</sup>. Kui palju väheneb selle samba pikkus, kui teda surutakse kokku jõuga 10<sup>5</sup> N?
335. Kui suurt maksimaalset koormust võib kanda 1 m pikkune 0,8 mm-se läbimõõduga terastraat, ületamata elastsuse piiri (500 N/mm<sup>2</sup>)? Kui suur on seejuures traadi absoluutne ja relatiivne pikenemine?
336. Kui riputada 1-mm läbimõõduga terastraadi otsa koormus massiga 20 kg, on selle traadi pikkus 5 m. Kui palju



- pikeneb see traat, kui lisada veel 10 kg koormust?
337. Kahe toe vahele on tõmmatud 2 m pikkune 1-mm läbimõõduga terastraat. Kui palju nihkub selle traadi keskpunkt, kui sinna riputada 300 g-ne koormus?
338. Pika randtoru seesmine läbimõõt  $d = 30$  cm ning seinapaksus  $b = 0,5$  cm. Kui palju suureneb selle toru kanali ristlõikepindala, kui suurendada rõhku toru sees  $\Delta p = 4,9 \cdot 10^6$  Pa võrra, jättes välise rõhu endiseks? Toru seinapaksuse muutus jätta arvestamata.
339. Mitme kraadi võrra tuleks soojendada 1-mm<sup>2</sup> ristlõikepindalaga valgevasest traati, et see pikeneks niisama palju kui 50 N-se venitava jõu mõjul?
340. Millist rõhku peab avaldama terassilindri otstele, et silindri pikkus ei muutuks temperatuuri tõustes 100 K võrra?
341. Et kanda paigalseisvat lifti, peab terasköie läbimõõt olema 9 mm. Millise läbimõõduga peab olema terasköis, et see ei katkeks ka lifti järsul pidurdamisel, kui lifti kiirendus võib ületada raskuskiirenduse 8 korda?
342. Kui suur võib olla pliitraadi maksimaalne pikkus, et ta ei katkeks oma raskuse mõjul, olles ühte otsa pidi üles riputatud?
343. Kas oleks võimalik 300 m kõrgusel asuva aerostaadiga telefonside pidamiseks kasutada vabalt rippuvat pliikestaga peenikest vaskkaablit?
344. Horisontaalne terasvarb pikkusega  $\ell = 1,5$  m pöörleb tema keskpunkti läbiva vertikaalse telje ümber. Millise sageduse juures varb katkeb?
345. Millise maksimaalse rõhu võime tekitada 1) klaastorus, mille seesmine läbimõõt on 7 mm ja välimine läbimõõt 8 mm ning 2) sfäärilises klaaskolvis, mille seesmine läbimõõt on 180 mm ja välimine läbimõõt 182 mm, kui kummalgi juhul välisrõhk võrdub  $10^5$  Pa?

346. Terastraati, mille pikkus  $\ell = 4$  m ning läbimõõt  $d = 2$  mm, venitatakse jõuga  $F = 10^3$  N. Kuidas muutub seejuures traadi 1) ruumala  $V$ , 2) külgpindala  $S$ ?
347. Kui palju tööd tuleb teha, et venitada 1 mm võrra pikemaks terasvarb, mille pikkus on 1 m ning ristlõikepindala  $1 \text{ cm}^2$ ?
348. Terasvarras on ülemist otsa pidi kinnitatud jäigalt ja alumise otsa külge riputatud koormus massiga 2000 kg. Varda algpikkus on 5 m, tema ristlõikepindala  $4 \text{ cm}^2$ . Määrata varda normaalpinge, tema absoluutne ja suhteline pikenemine ning deformeeritud varda potentsiaalne energia.
349. Vedru kokkusurumiseks 1 cm võrra on vaja rakendada jõudu 100 N. Määrata selle vedru potentsiaalne energia, kui ta on 5 cm võrra elastselt kokku surutud.
350. Määrata potentsiaalse energia tihedus väljavenitatud terasvardas, kui selle suhteline pikenemine on 0,2 %.
351. Vedrupüstolist tulistati vertikaalselt üles kuul massiga 20 g ning see tõusis 5 m kõrgusele. Määrata vedru jäikus, kui ta oli surutud kokku 10 cm võrra. Vedru mass jätta arvestamata.
352. Kaalukangi ristlõige on ristkülik, mille horisontaalne külk  $a = 8$  mm ning vertikaalne külk  $b = 10$  mm. Kaalukangi kogupikkus  $\ell = 250$  mm. Kui suur on selle kangi maksimaalne läbipaindumine  $\lambda$ , kui kaal on arvestatud koormustele kuni  $m = 500$  g? Kaalukangi aine elastsusmoodul  $E = 1,47 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ .

## 12. Vedelike ja gaaside mehaanika

353. Millisel sügavusel on vee tihedus 1 % võrra suurem tihedusest pinna läheduses? (Vee kokkusurutavuse koefitsient on  $4,8 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Pa}$ ).



354. Veega täidetud paagis on külgava pindalaga  $16 \text{ cm}^2$  5 m sügavusel, arvates vee pinnast. Määrata jõud, mis mõjub seda ava sulgevale korgile.
355. Ruudukujulise ristlõikega (ruudu külg  $\ell$ ) anuma seinas on ava kõrgusel  $h$  anuma põhjast. Kui suure horisontaalse kiirendusega  $a$  peab liikuma anum, et vesi avast välja ei voolaks? Paigalolevasse anumasse on vesi valatud kõrguseni  $H$  ( $H > h$ ) (suletud ava puhul).
356. Purskkaevu varustatakse veega suurest vertikaalselt asetatud silindrilisest paagist, mille läbimõõt on 2 m. Purskkaevu ava läbimõõt on 2 cm ning vesi voolab sellest välja kiirusega 12 m/s. Millise kiirusega langeb veenivoo paagist?
357. Gaasi voolamisel on dünaamiline rõhk võrdne 5 cm kõrguse petrooleumisamba rõhuga. Määrata voolamise kiirus, võttes gaasi tiheduseks  $1,43 \text{ g/l}$ .
358. Pumba horisontaalse silindri läbimõõt on 20 cm. Kolb liigub silindris kiirusega 1 m/s, lükates vett silindrist välja läbi ava, mille läbimõõt on 2 cm. Millise kiirusega voolab vesi avast? Milline on vee rõhk silindris? Õhu rõhuks võtta  $10^5 \text{ Pa}$ .
359. Horisontaalselt asetatud süstlas on 4 cm pikkune veesammas. Süstla kolvi pindala on  $1,2 \text{ cm}^2$ , ava pindala  $1 \text{ mm}^2$ . Kui kaua voolab vesi süstlast välja, kui suruda kolbi jõuga 5 N?
360. Kui palju vett peab voolama anumasse 1 min jooksul, et veenivoo anumasse püsiks 50 cm kõrgusel, kui anuma põhjas on ava pindalaga  $1 \text{ cm}^2$  ning väljuva joa kontraktsioonikoefitsient on 0,7?
361. 1,5 m kõrgune paak seisab põrandal ning on ääreni täidetud veega. 0,5 m kõrgusel põhjast on paagi seinas ava. Millisel kaugusel paagist langeb põrandale avast väljuv veejuga?

362. Horisontaalsel laual seisab veega täidetud anum, mille vertikaalses seinas on mitu ava üksteise kohal.

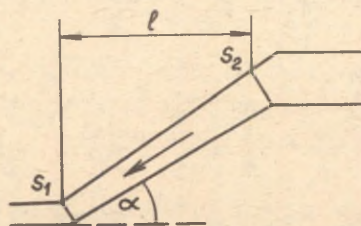
- 1) Tõestada, et kõikidest avadest väljuvad veejoad langevad lauale ühesuguse kiirusega.
- 2) Tõestada, et kaks juga langevad laua ühte punkti, kui ühe ava kaugus veepinnast ja teise kaugus anuma põhjast on võrdsed.
- 3) Kus peab asuma ava, et juga langeks lauale maksimaalsel kaugusel anumast?

363. Vertikaalne anum kõrgusega  $H$  ning põhja pindalaga  $S$  on täidetud veega. Anuma põhja tekib ava pindalaga  $S_1$ , avast väljuva joa kontraktsioonikoefitsient on  $\alpha$ . Kui pika aja möödudes langeb vee tase anumast kõrguseni  $0,5 H$ ? ( $H = 70 \text{ cm}$ ;  $S = 800 \text{ cm}^2$ ;  $S_1 = 1 \text{ cm}^2$ ;  $\alpha = 0,64$ .)

364. Tõestada, et Reynolds'i arv on dimensioonita suurus.

365. Määrata kriitiline kiirus 1) vee ja 2) glütseriini voolamisel 2-cm läbimõelduga torus. Reynolds'i arv antud tingimustes on 1160.

366. Joonisel 40 kujutatud torus on statsionaarne veevool.



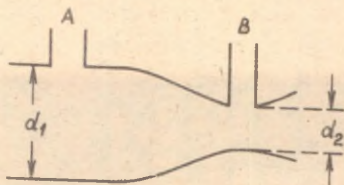
Joonis 40.

Määrata nurk  $\alpha$  toru kaldosa  $S_1 S_2$  ja horisondi vahel, kui ristlõikes  $S_1$  staatiline rõhk  $p_1 = 150 \text{ kPa}$  ja voolukiirus  $v_1 = 80 \text{ cm/s}$  ning ristlõikes  $S_2$   $p_2 = 200 \text{ kPa}$  ja  $v_2 = 50 \text{ cm/s}$ . Kaldtoru pikkus horisontaalsihis  $l = 10 \text{ m}$ .

367. Gaasijuhet läbinud gaasihulga mõõtmiseks kasutatakse nn. Venturi toru (joon. 41). Gaasi voolamise kiiruse üle otsustatakse rõhkude vahe järgi punktides A ja B. Määrata ühe tunni jooksul juhet läbinud gaasi hulk, kui  $d_1 = 50 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 40 \text{ mm}$  ning rõhkude  $p_1$  ja  $p_2$  vahe  $\Delta p = 12 \text{ mm H}_2\text{O}$ . Gaasi tihedus  $\rho = 0,0014 \text{ g/cm}^3$ . Hõõrdumine



ja gaasi tiheduse muutus jätta arvestamata.



Joonis 41.

368. Vee sisehõrdeteguri määramisel mõõdeti kapillaarist läbivoolanud vee hulka ( $217 \text{ cm}^3$ ) ning sellele vastavat aega (3 min). Arvutada sisehõrdeteguri väärtus, kui on teada kapillaari pikkus (10 cm) ning tema kanali läbimõõt (1 mm). Rõhkude vahe on tekitatud veesambaga, mille kõrgus on 50 cm.
369. Glütseriinis langeb ühtlaselt 2-mm läbimõõduga teras-kuulike. 15 s jooksul läbib kuulike 20 cm. Määrata glütseriini sisehõrdetegur.
370. 2-mm läbimõõduga kuulike langeb õlis püsiva kiirusega 10 cm/s. Määrata selle kuulikese aine tihedus, teades, et õli tihedus on  $0,9 \text{ g/cm}^3$  ja tema sisehõrdetegur 2,4 puaasi.
371. Glütseriiniga täidetud anum as langeb seatinast kuulike. Kui suur võib olla maksimaalselt kuulikese läbimõõt, et glütseriini kihtide liikumine jääks veel laminaarseks? Liikumine lugeda statsionaarseks.
372. a) Kasutades Stokes'i valemit määrata rasvakuulikeste liikumise kiirus koore lahutamisel seisvast piimast alljärgnevatel andmetel:  
lahuse tihedus  $1,034 \text{ g/cm}^3$ ; rasva tihedus  $0,94 \text{ g/cm}^3$ ; rasvakuulikeste läbimõõt  $2 \mu\text{m}$ ; sisehõrdetegur  $0,011 \text{ g/cm.s}$ .
- b) Lahendada sama ülesanne, kui piim tiirleb koorelahutajas 5 cm kaugusel pöörlemisteljest, tehes

100 tiiru sekundis. Kiiruse vertikaalne komponent jätta arvestamata.

373. Tõusvas õhuvoolum, mille kiirus on 2 cm/s, asub 0,01 mm läbimõõduga tolmukübemeke, mille tihedus on 2,3 g/cm<sup>3</sup> võrra suurem õhu tihedusest. Kas see kübemeke tõuseb või laskub allapoole? Õhu voolamist ümber tolmukübemekese pidada laminaarseks.



## II. Molekulaarfüüsika

### 1. Ideaalsete gaaside molekulaarkineetiline teooria

374. Määrata väävelsüsiniku ( $\text{CS}_2$ ) molekuli mass.
375. Määrata veemolekuli mass ning molekulide arv  $1 \text{ mm}^3$ -s vees.
376. Kui palju aatomeid sisaldab  $1 \text{ mg}$ -ne elavhõbedatilk?
377. Kui suure impulsi saab anuma sein lämmastikumolekuli põrke tulemusena, kui selle kiirus on  $600 \text{ m/s}$  ning põrge toimub 1) risti seinaga, 2)  $60^\circ$ -se põrkenurga all?
378. Millise osa gaasi all olevast ruumist täidavad 1) vesiniku, 2) süsihappegaasi molekulid normaalingimustes?
379.  $0,5 \text{ m}^3$ -se mahuga balloonis on  $2 \text{ kg}$  vesinikku. Balloon kannatab rõhku kuni  $10^7 \text{ Pa}$ . Millise minimaalse temperatuuri juures võib ta lõhkeda?
380. Kui suur on  $20 \text{ g}$  hapniku ruumala temperatuuril  $20^\circ\text{C}$ , kui gaasi rõhk on  $750 \text{ mm Hg}$ ?
381. Määrata toas oleva õhu mass temperatuuril  $17^\circ\text{C}$  ning rõhul  $750 \text{ mm Hg}$ , kui toa mõõtmed on  $5 \times 6 \times 3,5 \text{ m}^3$ .
382. Mitu korda on sama ruumi täitva õhu mass talvel ( $t_1 = -13^\circ\text{C}$ ) suurem kui suvel ( $t_2 = 27^\circ\text{C}$ )? Rõhk lugeda mõlemal juhul samaks.
383. Gaasijuhet mööda voolab süsihappegaas  $4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  rõhu all temperatuuril  $7^\circ\text{C}$ . Milline on gaasi voolamise kiirus torus, kui  $10 \text{ min}$  jooksul läbib  $5 \text{ cm}^2$ -st toru ristlõiget  $2 \text{ kg}$  gaasi?
384. Milline on lämmastiku tihedus balloonis, kui gaasi rõhk on  $10^6 \text{ Pa}$  ja temperatuur  $15^\circ\text{C}$ ? Sama küsimus veeauru kohta temperatuuril  $50^\circ\text{C}$  ning rõhul  $92,5 \text{ mm Hg}$ .
385. Määrata õhu (normaalingimustes) üleslüke tolmutükeme-kesele, mille raadius on  $10 \mu\text{m}$ .

386. Leida niisuguse gaasi molekulmass, mille omadused vastaksid 160 g hapniku ja 120 g lämmastiku segule.
387. Määrata 25 g hapniku ja 75 g lämmastiku segu kilomooli mass.
388. 1 g vesiniku ja hapniku segu 1,9ℓ mahuga balloonis temperatuuril 27°C avaldab rõhku 820 mm Hg. Määrata vesiniku hulk segus.
389. 240 cm<sup>3</sup>-se mahuga kolvis on vesiniku rõhk 380 mm Hg ning temperatuur 20°C. Määrata gaasi molekulide arv kolvis.
390. Gaasi rõhk temperatuuril 7°C on 0,01 mm Hg. Määrata 1 cm<sup>3</sup>-s olevate molekulide arv.
391. Vesiniku ja lämmastiku segu tihedus 47°C ja 2·10<sup>5</sup> Pa juures on 0,3 kg/m<sup>3</sup>. Kui palju vesiniku molekule on 1 cm<sup>3</sup>-s?
392. Milline rõhk tekib kerakujulises 100-cm<sup>3</sup> mahuga anumast temperatuuril 0°C, kui seda ühtlaselt täidavad hapniku molekulid, mis varem katsid anuma seina monomolekulaarse kihina? Üks molekul katab pindala 9·10<sup>-16</sup> cm<sup>2</sup>.
393. Elektriühik on täidetud lämmastikuga rõhul 600 mm Hg. Kolvi ruumala on 500 cm<sup>3</sup>. Kui palju vett siseneb lambi kolbi, kui vee all teha sellesse väike ava (murda ära jootenibu)? Õhurõhuks võtta 760 mm Hg, temperatuur lugeda muutumatuks.
394. Kaks anumast on ühendatud kraaniga varustatud toru abil. Esimeses on gaasi rõhk 760 mm Hg, teises praktiliselt null. Esimese anuma ruumala on 2ℓ, teise - 7ℓ. Milliseks kujuneb rõhk anumates, kui avada kraan? Temperatuur lugeda konstantseks.  
Lahendada sama ülesanne juhul, kui rõhk teises anumast on 400 mm Hg.
395. a) Jalgrattapump surub ühe lütkega 40 cm<sup>3</sup> õhku jalgrattakummi. Mitme lütkega saab täita 2ℓ mahuga tühja kummi rõhuni, mis 35 kg-se ratta koormuse puhul



(kaasa arvatud ka ratta mass) annaks  $60 \text{ cm}^2$ -se kokkupuutepinna ratta ja teekatte vahel? Õhurõhuks võtta  $10^5 \text{ Pa}$ . Õhu lõpptemperatuur kummis lugeda võrdseks välisõhu temperatuuriga ( $20^\circ\text{C}$ ).

- b) Kuidas muutub rattakummi ja teekatte kokkupuutepind, kui õhk kummis soojeneb  $60^\circ\text{C}$ -ni? Kummi ruumala lugeda muutumatuks.

396. a) Soojenemisel 1 K võrra jääval rõhul paisus gaas  $1/300$  võrra oma esialgsest ruumalast. Milline oli gaasi algtemperatuur?

- b) Sama küsimus, kui gaas paisub  $1/335$  võrra oma algruumalast.

397. 20-liitrides balloonis oli hapnik temperatuuril  $15^\circ\text{C}$ . Kui osa hapnikku ära tarvitati, langes rõhk balloonis  $5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  võrra. Määrata äratarvitatud gaasi mass, arvestades, et temperatuur pole muutunud.

398. Gaasi rõhk balloonis on  $3,9 \cdot 10^6 \text{ Pa}$  ning temperatuur  $27^\circ\text{C}$ . Kuidas muutub rõhk balloonis, kui pool balloonis olevast gaasist välja lastakse ning temperatuur selle tulemusena langeb 12 K võrra?

399. 10-liitrides balloonis on vesinik (rõhk  $4,9 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ , temperatuur  $7^\circ\text{C}$ ). Ventili rikke tõttu voolab osa gaasi balloonest välja. Mõne aja pärast (temperatuuril  $17^\circ\text{C}$ ) on rõhk balloonis endine. Kui palju gaasi on välja voolanud?

400. 20-liitrise mahuga balloon on täidetud suruõhuga. Temperatuuril  $20^\circ\text{C}$  näitab manomeeter  $1,18 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ . Millise ruumala vett võib selle õhu abil välja tõrjuda allveelaeva tsisternist, kui see on 30 m sügavusel ning vee temperatuur on  $5^\circ\text{C}$ ? Õhurõhk lugeda normaalseks.

401. Õhku pumbatakse kompressori abil reservuaari, mille ruumala on  $1,5 \text{ m}^3$ . Mitu lüket peab tegema kompressor, et tõsta rõhku reservuaaris  $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  võrra, kui ta haarab iga lükkega 4 l õhku ning välistemperatuur ja temperatuur reservuaaris on vastavalt  $0^\circ\text{C}$  ja  $45^\circ\text{C}$ ? Õhu-

rõhuks võtta  $10^5$  Pa.

402.  $V \cdot m^3$  ruumalaga aerostaat täideti vesinikuga temperatuuril  $t = 15^\circ\text{C}$ . Pälkese kiirguse mõjul tõusis aerostaadis oleva vesiniku temperatuur  $\Delta T = 22\text{ K}$  võrra. Et õhurõhk ei muutunud, siis osa vesinikku voolas aerostaadist klapi kaudu välja ning aerostaadi kogumass vähenes  $\Delta M = 6,05\text{ kg}$  võrra. Määrata aerostaadi ruumala  $V$ , võttes vesiniku tiheduseks  $0^\circ\text{C}$  juures  $\rho_0 = 0,000089\text{ g/cm}^3$ .
403. Õhus hõljuvate üliväikeste kübemekeste liikumine on sarnane suurte molekulide liikumisega. Määrata selliste kübemekeste liikumise keskmine kiirus, kui nende mass on  $10^{-12}\text{ g}$  ja õhu temperatuur  $27^\circ\text{C}$ .
404. Millisel temperatuuril on lämmastiku molekulide tõenäolisim kiirus  $510\text{ m/s}$ ?
405.  $4\text{ l}$  mahuga anumast on  $0,6\text{ g}$  gaasi rõhul  $2 \cdot 10^5\text{ Pa}$ . Määrata gaasi molekulide ruutkeskmine kiirus.
406. Määrata temperatuur, mille juures lämmastiku molekulide ruutkeskmine kiirus oleks  $50\text{ m/s}$  võrra suurem nende tõenäolisimast kiirusest.
407. Milline peaks olema hapniku temperatuur, et tema molekulide ruutkeskmine kiirus oleks võrdne lämmastiku molekulide ruutkeskmise kiirusega temperatuuril  $100^\circ\text{C}$ ?
408. Määrata gaasi molekulide tõenäolisim kiirus, kui selle gaasi rõhk ja tihedus on vastavalt  $300\text{ mm Hg}$  ja  $0,3\text{ g/l}$ .
409. Määrata vesiniku molekulide arv  $1\text{ cm}^3$ -s, kui on teada, et gaasi rõhk on  $200\text{ mm Hg}$  ning molekulide ruutkeskmise kiirus  $2400\text{ m/s}$ .
410. Missugune osa vesiniku molekulidest liigub  $0^\circ\text{C}$  juures kiirustega, mis asuvad vahemikus  $2000\text{ m/s} - 2100\text{ m/s}$ ?
411. Leida  $1\text{ cm}^3$ -s olevate lämmastiku molekulide arv, mille kiirused normaalingimustes asuvad  $99\text{ m/s}$  ja  $101\text{ m/s}$  vahel.



412. Milline peab olema lämmastiku temperatuur, et kiirusega 299-301 m/s ja 599-601 m/s liiguks sama arv molekule?
413. Olgu  $\Delta n_1$  gaasi molekulide arv, mille kiirused asuvad vahemikus  $\sqrt{v^2}$ ,  $\sqrt{v^2} + \Delta v$ , ning  $\Delta n_2$  sama gaasi molekulide arv, mille kiirused on vahemikus  $v_t$ ,  $v_t + \Delta v$ . Määrata suhe  $\Delta n_2 / \Delta n_1$ .
414. Balloonis on 50 g hapnikku. Määrata gaasi molekulide arv, mille kiirused ületavad 1) ruutkeskmise kiiruse väärtuse, 2) keskmise kiiruse väärtuse.
415. Kui suur protsent lämmastiku molekule liigub kiirusega, mis langevad vahemikku  $v_1 = 300$  m/s,  $v_2 = 800$  m/s, kui gaasi temperatuur on  $150^\circ\text{C}$ ?
416. Õhurõhk mere pinnal on 75 cm Hg, mäe tipus 59 cm Hg. Määrata mäe kõrgus, kui õhu keskmine temperatuur on  $5^\circ\text{C}$ .
417. Kui suurel kõrgusel  $h$  merepinnast on õhu tihedus  $\rho$  korda väiksem kui merepinnal. Õhu temperatuur  $T$ , raskuskiirendus  $g$  ning õhu molaarne mass  $\mu$  lugeda sõltumatuks kõrgusest.
418. Millisel kõrgusel moodustab õhu rõhk 75 % selle väärtusest merepinnal? Temperatuuri lugeda võrdseks  $0^\circ\text{C}$  kogu selle kõrguse ulatuses.
419. Vertikaalne silindriline anum põhja pindalaga  $S$  ning kõrgusega  $H$  sisaldab mingi hulga gaasi temperatuuril  $T$ . Määrata selle gaasi mass  $M$ , kui tema rõhk silindri alumise põhja nivool on  $p_0$ . Gaasi molekulmass on  $\mu$ . Temperatuur  $T$  ja raskuskiirendus  $g$  lugeda ühesugusteks kogu silindri kõrguse ulatuses.
420. Helikopteri kabiinis olev baromeeter näitab pidevalt rõhku  $p = 80$  kPa, mistõttu lendur loeb lennukõrgust muutumatuks. Kuid temperatuur väljas on muutunud  $\Delta T = 1$  K võrra. Kui suure vea  $\Delta h$  teeb lendur kõrguse määramisel? Rõhk maapinnal  $p_0 = 100$  kPa. Temperatuuri

muutus kõrgusega jääb arvestamata.

421. Kui suur kõrguse muutus  $\Delta h$  vastab atmosfäärirõhu muutusele  $\Delta p = 100 \text{ Pa}$  1) maapinna läheduses, kus  $T_1 = 290 \text{ K}$  ning  $p_1 = 100 \text{ kPa}$  ja 2) mingil kõrgusel maapinnast, kus  $T_2 = 220 \text{ K}$  ning  $p_2 = 25 \text{ kPa}$ ?
422. 10-liitrise mahuga balloonis on 1 g vesinikku. Määrata molekulide keskmine vabatee pikkus.
423. Nn. keskmise vaakumi puhul on gaasi molekulide keskmine vabatee pikkus ligikaudu võrdne anuma joonmõõduga. Milline peab olema rõhk hapnikku sisaldavas kerakujulises 10 cm läbimõõduga anumal, et seal oleks keskmine vaakum temperatuuril  $27^\circ\text{C}$ ?
424. Kas võib öelda, et anumal on kõrgvaakum, kui selle anuma läbimõõt on 20 cm ning ta sisaldab lämmastiku temperatuuril  $280 \text{ K}$  ja rõhul  $100 \mu\text{Pa}$ ?
425. Milline on hõrendatud vesiniku tihedus, kui molekulide vabatee pikkus on 1 cm?
426. Lämmastiku molekulide vabatee keskmine pikkus normaaltingimustes on  $6 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$ . Milliseks kujuneb see suurus, kui gaasi temperatuur tõuseb  $300^\circ\text{C}$ -ni? Soojenemise protsess on 1) isohooriline, 2) isobaarne, 3) adiabaatiline.
427. Määrata süsihappegaasi molekulide keskmine kiirus ning ühe molekuli põrgete arv sekundis normaaltingimustes.
428. Leida hapniku molekulide vabalennu keskmine kestus, kui gaasi rõhk on 2 mm Hg ja temperatuur  $27^\circ\text{C}$ .
429. Kuidas sõltuvad temperatuurist 1) gaasi molekulide ruutkeskmine kiirus  $\bar{v}$ , 2) vabatee pikkus  $\lambda$  ja 3) molekulide põrgete sagedus  $\nu$  a) isohooriliste ning b) isobaarsete protsesside korral?
430. Hapniku difusioonitegur temperatuuril  $0^\circ\text{C}$  on  $0,19 \text{ cm}^2/\text{s}$ . Määrata molekulide vabatee keskmine pikkus.



431. Määrata hapniku molekuli diameeter, teades, et  $0^{\circ}\text{C}$  juures on tema sisehõõrdetegur  $\eta = 1,88 \cdot 10^{-5} \text{ Ns/m}^2$ .
432. Kui suure maksimaalse kiiruse võib saavutada vihmapiisk läbimõelduga 0,3 mm, kui õhu sisehõõrdetegur on  $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm.s}$ ? Arvestada, et vihmapiisa puhul kehtib Stokes'i seadus.
433. Kahe koaksiaalse silindri vaheline ruum on täidetud mingi gaasiga. Silindrite raadiused on  $r = 5 \text{ cm}$  ja  $R = 5,2 \text{ cm}$ . Sisesilindri kõrgus  $h = 25 \text{ cm}$ . Välissilinder pöörleb sagedusega  $\gamma = 360$  pööret minutis. Selleks et sisesilinder jääks liikumatuks, peab temale rakendama puutejõu  $F = 1,38 \cdot 10^{-3} \text{ N}$ . Vaadeldes seda juhtu esimeses lähenduses tasapinnalisena, määrata gaasi sisehõõrdetegur  $\eta$ .
434. Kaks horisontaalset ketast raadiusega 20 cm asuvad üksteise kohal nii, et nende teljed ühtivad. Ketastevaheline kaugus on 0,5 cm. Ülemine ketas on liikumatu, allmine pöörleb sagedusega 10 pööret sekundis. Määrata ülemisele kettale mõjuv pöördemoment. Ühk ketaste vahel on normaaltingimustes.
435. Kuidas muutub kaheaatomilise gaasi sisehõõrdumine, kui gaasi ruumala väheneb kaks korda, kusjuures protsess on 1) isotermiline, 2) isobaarne, 3) adiabaatiline? Gaasi olek on kauge vaakumist.
436. Määrata lämmastiku sisehõõrdetegur normaaltingimuste korral, teades, et difusioonitegur samades tingimustes on  $0,142 \text{ cm}^2/\text{s}$ .
437. Vesiniku difusioonitegur on  $1,42 \text{ cm}^2/\text{s}$  ning tema sisehõõrdetegur samade tingimuste korral  $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ N.s/m}^2$ . Määrata nendest andmetest vesiniku molekulide arv  $1 \text{ m}^3$ -s.
438. Määrata vesiniku soojusjuhtivustegur, kui on teada, et tema sisehõõrdetegur samades tingimustes on  $8,6 \cdot 10^{-6} \text{ N.s/m}^2$ .

439. Dewari anuma seinte vaheline kaugus on 8 mm. Missugune peab olema õhu rõhk seintevahelises ruumis, et tema edasisel hõrendamisel soojusjuhtivus hakkaks vähenema? Õhu temperatuuriks võtta  $17^{\circ}\text{C}$  ning õhumolekulide läbimõõduks  $3 \cdot 10^{-8}$  cm.
440. Kaks plaati, kumbki pindalaga  $100 \text{ cm}^2$ , asetsevad paralleelselt 1 mm kaugusel teineteisest. Plaatidevahelist ruumi täidab õhk, mille olekuparameetrid vastavad normaaltingimustele. Plaatide temperatuuride vahe 1 K hoitakse konstantsena. Kui palju soojust kandub 10 min jooksul ühelt plaadilt teisele õhu soojusjuhtivuse tõttu? Õhumolekulide läbimõõduks võtta  $3 \cdot 10^{-8}$  cm.
441. Kui suur on 1 tunni jooksul akna kaudu soojuskadu, mille põhjustab aknaraamide vahel oleva õhu soojusjuhtivus, kui akna pindala on  $4 \text{ m}^2$ , raamidevaheline kaugus 30 cm ning temperatuur ruumis  $18^{\circ}\text{C}$  ja väljas  $-20^{\circ}\text{C}$ ? Õhurõhuks raamidevahelises ruumis võtta 760 mm Hg, temperatuuriks sise- ja välistemperatuuride aritmeetiline keskmine ja õhumolekulide läbimõõduks  $3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .

## 2. Termodünaamika

442. Määrata vingugaasi (CO) erisoojused  $c_p$  ja  $c_v$ .
443. 2 g süsihappegaasi on segatud 3 g lämmastikuga. Määrata selle segu erisoojused  $c_p$  ja  $c_v$ .
444. Kui palju lämmastikku sisaldab 5 g lämmastiku ja vesiniku segu, kui selle segu isobaarne erisoojus  $c_p = 9150 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ?
445. Kõrge temperatuuri tõttu on 40 % vesiniku molekule lagununud aatomiteks. Määrata niisuguse vesiniku erisoojuste  $c_p$  ja  $c_v$  suhe.
446. Milline on hapniku dissotsiatsiooniate, kui tema isobaarne erisoojus  $c_p = 1050 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ?
447. Määrata lämmastiku dissotsiatsiooniate, kui on teada,



et tema erisoojuste  $c_p$  ja  $c_v$  suhe on 1,47.

448. Määrata heeliumi, hapniku ja veeauru molekuli kineetilise energia temperatuuril 400 K.
449. Mingi hulka gaasi paikneb anumask mahuga  $V$  rõhu  $p$  all. Määrata selle gaasi siseenergia, lugedes teda 1) ühe-, 2) kaheaatomiliseks.
450. Määrata 10 l ideaalse vesiniku siseenergia, kui gaasi rõhk on  $2,9 \cdot 10^5$  Pa.
451. Balloonis on 10 g vesinikku temperatuuril  $7^\circ\text{C}$ . Määrata selle gaasi molekulide kulgliikumise summaarne kineetiline energia.
452. Määrata hapnikumolekuli pöörlemise energia, kui gaasi temperatuur on  $13^\circ\text{C}$ . Kui suur on 4 g-s hapnikus sisalduvate molekulide pöörlemise summaarne energia?
453. Kui suur on 1 kg lämmastikus sisalduvate molekulide pöörlemise energia temperatuuril  $7^\circ\text{C}$ ?
454. Gaasi ruumala on 10 l, rõhk  $4 \cdot 10^5$  Pa. Määrata selle gaasi molekulide kulgliikumise summaarne kineetiline energia.
455. Kui palju soojust kulub  $1 \text{ m}^3$  õhu soojendamiseks  $0^\circ\text{C}$ -st  $1^\circ\text{C}$ -ni jääval ruumalal, kui algrõhk on 760 mm Hg.
456. Ruumis, mille maht on  $90 \text{ m}^3$ , vahetub õhk täielikult 2 tunni jooksul. Kui palju soojust kulub õhu soojendamiseks selles ruumis ööpäeva kestel, kui temperatuur ruumis peab olema  $18^\circ\text{C}$ , väljas oleva õhu temperatuur on aga  $-5^\circ\text{C}$ ? Õhu keskmiseks tiheduseks võtta  $1,25 \text{ g/l}^3$ .
457. Balloonis on 128 g hapnikku, mille temperatuur oli  $15^\circ\text{C}$  ja rõhk  $2 \cdot 10^5$  Pa. Jahtumisel langes gaasi rõhk  $0,2 \cdot 10^5$  Pa võrra. Kui palju soojust andis gaas ära?
458. Mingi hulga lämmastikku sisaldav anum liigub kiirusega 100 m/s. Kui palju tõuseb gaasi temperatuur anumask, kui see äkki seisma jääb? Soojuse kadu seinte kaudu jätta arvestamata.

459. Anum, mis sisaldab teatud hulga gaasi, liigub kiirusega  $v$ . Kui palju suureneb gaasi molekulide ruutkeskmise kiiruse ruut, kui anum jääb järsku seisma ja kogu kineetiline energia läheb gaasi soojendamiseks? Vaadeldakse kahte juhtu: 1) gaas on üheaatomiline, 2) gaas on kaheaatomiline.
460. Kinnine anum ruumalaga  $2,5 \ell$  sisaldab vesinikku temperatuuril  $17^\circ\text{C}$  ning rõhul  $15 \text{ kPa}$ . Gaas jahtub temperatuurini  $0^\circ\text{C}$ . Määrata: a) äraantud soojushulk, b) gaasi siseenergia juurdekasv.
461. Mingi termodünaamiline süsteem teeb paisudes  $1680 \text{ J}$  tööd ning samal ajal antakse talle  $1 \text{ kcal}$  soojust. Kuidas muutub selle süsteemi siseenergia?
462. Liikuva kolviga suletud silindris on  $180 \text{ g}$  vesinikku temperatuuril  $27^\circ\text{C}$  rõhu all  $4 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Gaas surutakse kokku nii, et tema ruumala väheneb kolm korda, tehes selleks  $7,5 \cdot 10^5 \text{ J}$  tööd. Samal ajal juhib jahutus-süsteem gaasilt  $71,1 \text{ kcal}$  soojust ära. Määrata gaasi rõhk ja temperatuur pärast kokkusurumist.
463. Kui palju soojust kulub  $200 \text{ g}$  vesiniku soojendamiseks  $0^\circ\text{C}$ -st  $100^\circ\text{C}$ -ni jääval rõhul? Kui suur on seejuures siseenergia juurdekasv ning paisumisel tehtud töö?
464. Kaks hea soojusisolatsiooniga anum, mille ruumalad on  $1 \ell$  ja  $3 \ell$ , on ühendatud kraaniga varustatud toru abil. Enne kraani avamist on esimeses anumalämmastik rõhul  $0,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  ning temperatuuril  $0^\circ\text{C}$ , teises - argoon rõhul  $1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  ning temperatuuril  $100^\circ\text{C}$ . Millisteks kujunevad rõhk ja temperatuur pärast kraani avamist?
465.  $1 \text{ kmooli}$  gaasi soojendatakse isobaarselt  $17^\circ\text{C}$ -st  $75^\circ\text{C}$ -ni. Gaas neelab seejuures  $1,2 \text{ MJ}$  soojust. Leida: a)  $\mathcal{Q} = \frac{C_p}{C_v}$ ; b) siseenergia juurdekasv; c) gaasi paisumise töö.
466.  $1 \text{ kg}$  hapnikku surutakse kokku adiabaatiliselt, mistõttu gaasi temperatuur tõuseb  $20^\circ\text{C}$ -st  $100^\circ\text{C}$ -ni.



Arvutada: a) gaasi siseenergia juurdekasv, b) kokkusu-  
surumise töö, c) mitu korda vähenes gaasi ruumala.

467. 1 kilomooli gaasi, mille algtemperatuur on  $T_1 = 300 \text{ K}$ , jahutatakse isohooriliselt, mistõttu tema rõhk väheneb poole võrra. Seejärel paisub gaas isobaarselt nii, et tema temperatuur saab võrdseks algtemperatuuriga  $T_1$ . Kujutada seda protsessi graafiliselt  $p, V$ -teljestikus ning arvutada: a) gaasile antud soojushulk, b) paisumise töö, c) siseenergia juurdekasv.
468. 1 l hapnikku, võetud normaaltingimustes, paisub isobaarselt ruumalani 2 l. Määrata gaasi temperatuuri muutus ja paisumisel tehtud töö.
469. 2 kg hapnikku on anumas mahuga  $1 \text{ m}^3$  rõhul  $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Gaasi soojendatakse esialgu jääval rõhul ruumalani  $3 \text{ m}^3$  ning siis edasi jääval ruumalal rõhuni  $5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Määrata gaasi siseenergia juurdekasv ja paisumisel tehtud töö.
470. Gaas, mille algparameetrid on  $0,39 \text{ m}^3$  ja  $155 \text{ kPa}$ , paisub isotermiliselt kümnekordse ruumalani ning siis soojendatakse teda isohooriliselt, kuni tema rõhk saab võrdseks esialgse rõhuga. Kogu protsessis antakse gaasile  $1,5 \text{ MJ}$  soojust. Kujutada see protsess graafiliselt  $p, V$ -teljestikus ning määrata gaasi erisoojuste  $c_p$  ja  $c_v$  suhe.
471. Kolviga suletud silindris on mingi hulk paukgaasi. Kui palju soojust eraldub plahvatusel, kui on teada, et gaasi siseenergia muutus  $80,2 \text{ cal}$  võrra, kolvi mass on  $2 \text{ kg}$ , pindala  $10 \text{ cm}^2$  ning ta tõusis  $20 \text{ cm}$  võrra? Välisõhu rõhk lugeda normaalseks.
472. Hapnik tegi paisudes  $4,18 \text{ kJ}$  tööd. Kui palju soojust anti gaasile, kui paisumine toimus 1) jääval rõhul, 2) jääval temperatuuril?
473. Määrata heeliumi siseenergia juurdekasv, kui see gaas paisub isobaarselt rõhul  $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  5 liitrist 10 liit-  
rini.

474. Määrata vesiniku siseenergia muutus, kui see gaas paisus isobaarselt ruumalalt  $2,5 \ell$  ruumalani  $5 \ell$  ning rõhk oli  $2 \cdot 10^5$  Pa.
475. Anum sisaldab  $56 \text{ g}$  lämmastikku ja  $32 \text{ g}$  hapnikku. Kuidas muutub selle segu siseenergia, kui temperatuur langeb  $20 \text{ K}$  võrra?
476. Gaasisegu, mis sisaldab  $2 \text{ g}$  vesinikku ning  $32 \text{ g}$  hapnikku, paisub jääval rõhul ning jahtub seejuures  $10 \text{ K}$  võrra. Määrata segu siseenergia muutus ja paisumisel tehtud töö.
477. Süsihappegaas on  $20,5 \ell$  mahuga balloonis, kusjuures gaasi rõhk ja temperatuur on vastavalt  $5 \cdot 10^5$  Pa ja  $-23^\circ\text{C}$ . Millisteks kujunevad need parameetrid, kui gaasile anda  $3 \text{ kcal}$  soojust?
478. Kinnises anum asuvas ruumalaga  $2 \ell$  on  $M$  kilogrammi lämmastikku ja  $M$  kilogrammi argooni normaalingimustes. Kui palju soojust on tarvis, et tõsta selle segu temperatuur  $100^\circ\text{C}$ -ni?
479.  $180 \text{ g}$  süsihappegaasi temperatuur on  $-15^\circ\text{C}$  ning rõhk  $2,3 \cdot 10^5$  Pa. Kui palju soojust peab sellest gaasist ära juhtima, et rõhu suurendamisel  $3,5 \cdot 10^5$  Pa võrra tema temperatuur jääks muutumatuks?
480. Kompressor surub iga tunni jooksul  $150 \text{ m}^3$  õhku rõhuni  $10^6$  Pa. Vesijahutuse abil teostub kokkusurumine isothermiliselt. Arvutada jahutusvee kulu tunnis, kui see soojeneb  $10^\circ\text{C}$ -st  $20^\circ\text{C}$ -ni. Õhurõhuks võtta  $10^5$  Pa.
481. Antud gaasi algparameetrid on  $1,2 \cdot 10^7$  Pa ja  $1 \ell$ . Gaas paisub isothermiliselt  $5$  liitrini. Määrata gaasi rõhu lõppväärtus ning paisumisel tehtud töö.
482. Kolviga suletud silindris on õhusammas kõrgusega  $15 \text{ cm}$ . Kui palju tööd peavad tegema välised jõud, et tõsta kolbi  $10 \text{ cm}$  võrra, kui välisrõhk on  $760 \text{ mm Hg}$  ja kolvi pindala  $10 \text{ cm}^2$ ? Protsessi pidada isothermiliseks.



483. 10 g gaasi isothermilisel paisumisel ruumalast  $V_1$  ruumalani  $V_2 = 2V_1$  tehtud töö on 575 J. Määrata selle gaasi molekulide ruutkeskmine kiirus paisumise temperatuuril.
484. Balloonis on vesinik rõhu all  $10^6$  Pa temperatuuril  $18^\circ\text{C}$ . Pool gaasi hulgast lastakse välja. Arvestades, et gaasi paisumine balloonis toimub adiabaatilisel, määrata rõhu ja temperatuuri lõppväärtused.
485. Kui kõrgele tõuseb temperatuur sisepõlemismootori silindris, kui gaasi algtemperatuur on  $27^\circ\text{C}$  ning kokkusurumisel tema ruumala väheneb 10 korda?
486. Adiabaatilisel kokkusurumisel kasvas gaasi rõhk kaheksakordseks, temperatuur tõusis seejuures  $15^\circ\text{C}$ -st  $210^\circ\text{C}$ -ni. Määrata selle gaasi erisoojuste  $c_p$  ja  $c_v$  suhe.
487. Kahe erineva gaasi (üks ühe-, teine kaheaatomiline) temperatuurid ja ruumalad on ühesugused. Mõlemad gaasid surutakse kokku adiabaatilisel nii, et nende ruumala väheneb kaks korda. Kumb gaasidest soojeneb rohkem ning mitu korda?
488. Silindris kolvi all on vertikaalne 25 cm kõrgune gaasisammas. Kolvi pindala on  $10\text{ cm}^2$  ning tema massi võib lugeda tähtsusetult väikeseks. Kolvile asetatakse 20 kg-ne viht ning ta laskub selle tulemusena 13,4 cm. Määrata nendest andmetest gaasi erisoojuste  $c_p$  ja  $c_v$  suhe, lugedes kokkusurumise protsessi adiabaatiliseks. Välisrõhuks võtta  $10^5$  Pa.
489. Õhk, mille algrõhk oli  $10^5$  Pa, suruti kokku adiabaatilisel  $10^6$  Pa rõhuni. Milliseks kujuneb rõhk, kui gaas jahutada algtemperatuurini, säilitades seejuures saavutatud ruumala?
490. 1 kg õhku ( $t = 20^\circ\text{C}$ ,  $p = 10^5$  Pa) surutakse kokku rõhuni  $10^6$  Pa. Määrata gaasi kokkusurumisel tehtud töö, kui kokkusurumise protsess on 1) isothermiline, 2) adiabaatiline.

491. Mingi hulk õhku ( $V_1 = 10 \text{ l}$ ;  $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$ ;  $t_1 = 0^\circ\text{C}$ ) surutakse kokku isotermiliselt ruumalani  $V_2 = 2 \text{ l}$  ning siis lastakse tal paisuda adiabaatiliselt ruumalani  $V_3 = 20 \text{ l}$ . Määrata õhu lõpptemperatuur  $t_3$  ning kogu protsessi töö.
492. Ühe kilomooli hapniku adiabaatilisel kokkusurumisel tehti 73 kJ tööd. Kuidas muutus selles protsessis gaasi temperatuur ja siseenergia?
493. Kuidas muutub kaheaatomilise gaasi molekulide ruutkeskmise kiirus, kui see gaas paisub adiabaatiliselt nii, et tema ruumala kahekordistub?
494. Kuidas muutub kaheaatomilise gaasi molekulide põrgete sagedus anuma seina pindalaühikule, kui gaasi ruumala suureneb adiabaatiliselt kahekordseks?
495. Määrata 4 g vesiniku adiabaatiliselt paisumise töö, kui paisumisel langes gaasi temperatuur 10 K võrra.
496. Silindris kolvi all on 20 g vesinikku temperatuuril  $27^\circ\text{C}$ . Vesinik paisub adiabaatiliselt nii, et tema ruumala suureneb viiekordseks. Seejärel surutakse gaas kokku isotermiliselt kuni esialgse ruumalani. Määrata gaasi temperatuur adiabaatiliselt paisumise lõpus ja gaasi töö. Joonestada protsessi graafik.
497. Tõestada, et hääle levimise kiirus ideaalses gaasis sõltub gaasi temperatuurist ega sõltu rõhust.
498. Hääle kiirus õhus temperatuuril  $0^\circ\text{C}$  on 332 m/s. Määrata hääle kiirus vesinikus samal temperatuuril.
499. Milline on polütroobi astmenäitaja, kui protsess oma iseloomult on lähedane 1) adiabaatilisemale, 2) isotermilisemale, 3) isobaarsele protsessile?
500. Ideaalne gaas paisub seaduse järgi  $pV^2 = \text{const}$ . Kuidas muutub selle gaasi temperatuur paisumisel?
501. Gaas paisub polütroopselt seaduse  $pV^3 = \text{const}$  järgi ruumalast  $V_1 = 1 \text{ l}$  ruumalani  $V_2 = 3 \text{ l}$ . Tema algrõhk

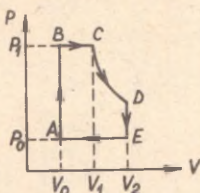


$p_1 = 2 \cdot 10^6$  Pa. Temperatuur gaasi paisumisel on selline, et isohooriline moolsoojus  $C_v = \frac{3}{2} R$ . Määrata selle gaasi siseenergia muutus ning neelatud soojuse hulk.

502. Karburaatoriga sisepõlemismootoril on silindri läbimõõt 10 cm, kolvi käik 11 cm. 1) Milline peab olema kokkusurumise kaamera ruumala, kui on teada, et segu algrõhk on  $10^5$  Pa, algtemperatuur  $27^\circ\text{C}$  ning lõpprõhk kaameras  $10^6$  Pa? 2) Kui kõrgele tõuseb temperatuur kaameras pärast segu kokkusurumist? 3) Määrata kokkusurumisel tehtud töö. Polütroobi astmenäitajaks võtta 1,3.
503. Gaasiga teostatakse Carnot' ringprotsess. Soojusallika temperatuur on  $100^\circ\text{C}$ . Milline on jahutaja temperatuur, kui gaas annab ära jahutajale  $3/4$  soojusallikast saadud soojusest?
504. Soojusmasin töötab Carnot' tsükli järgi. Soojusallika ja jahutaja temperatuurid on seejuures vastavalt  $127^\circ\text{C}$  ja  $7^\circ\text{C}$ . Isotermilisel paisumisel teeb gaas tööd 490 J. Kui palju tööd teevad välised jõud gaasi isotermiliselt kokku surudes?
505. Gaasiga teostatakse Carnot' ringprotsess. Gaasi algruumala  $V_1 = 44 \ell$ , isotermilise protsessi lõpul gaasi ruumala oli  $V_2 = 56 \ell$  ning adiabaatilise paisumise lõpul  $V_3 = 878 \ell$ , Määrata gaasi ruumala  $V_4$  isotermilise kokkusurumise lõpul.
506. Aurumasin tarvitab 0,8 kg kivisütt tunnis hobujõu kohta. Katla temperatuur on  $200^\circ\text{C}$ , jahutaja temperatuur  $40^\circ\text{C}$ . Määrata masina kasutegur. Kui suur oleks ideaalse soojusmasina kasutegur sama temperatuuride-vahe puhul?
507. 1 kg hapnikku teeb läbi Carnot' tsükli temperatuuride vahemikus  $27^\circ\text{C} - 327^\circ\text{C}$ . On teada, et tsükli maksimaalse ja minimaalse rõhu suhe on 20. Määrata: a) tsükli kasutegur, b) soojusallikalt tsüklis saadud soojushulk, c) jahutajale tsüklis äraantud soojushulk,

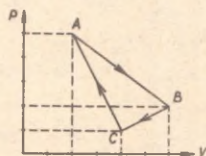
d) gaasi töö tsüklis.

508.



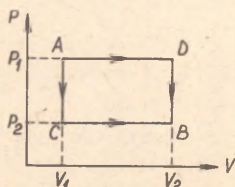
Joonis 42.

509. Gaasiga teostatud ringprotsessi kujutab graafik (joon. 43), kus üks jaotis rõhhteljel tähendab  $10 \text{ l}$  ning üks lõik püstteljel  $2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Arvutada protsessi tulemusena saadud töö.



Joonis 43.

510. Mingi hulga hapniku olekut A (vt. joon. 44) iseloomustavad parameetrid  $V_1 = 3 \text{ l}$ ,  $t_1 = 27^\circ\text{C}$ ,  $p_1 = 8,2 \text{ hPa}$ . Olekus B on sama



Joonis 44.

gaasi parameetrid  $V_2 = 4,5 \text{ l}$ ,  $p_2 = 6 \text{ hPa}$ . Gaas viiakse olekust A olekusse B kahel viisil:

I.  $A \rightarrow C \rightarrow B$  ja  
II.  $A \rightarrow D \rightarrow B$ .

Arvutada a) gaasile antud soojushulk, b) gaasi paisumise töö, c) siseenergia muutus.

511. Üks kilomool ideaalset gaasi teeb läbi tsükli, mis koosneb kahest isohoorist ja kahest isobaarist. Gaasi ruumala muutub seejuures  $V_1 = 25 \text{ m}^3$ -st  $V_2 = 50 \text{ m}^3$ -ni ning tema rõhk  $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$ -st  $p_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ -ni. Arvutada selles tsüklis tehtud töö ning võrrelda seda tööga, mille teeks sama gaas Carnot' protsessis tingimu-



sel, et selle isothermid vastaksid esimese protsessi kõige kõrgemale ja kõige madalamale temperatuurile.

512. Määrata entroopia muutus 10 g hapniku isobaarsel soojenemisel  $17^{\circ}\text{C}$ -st  $127^{\circ}\text{C}$ -ni.
513. 2 g lämmastiku algtemperatuur on  $0^{\circ}\text{C}$ . Gaasi temperatuuri tõstetakse jääval rõhul 30 K võrra. Määrata entroopia muutus.
514. Määrata entroopia muutus 20 g lämmastiku isothermilisel paisumisel 25 liitrist 100 liitrini.
515. 6 g vesinikku paisub isothermiliselt nii, et gaasi rõhk muutub  $10^5$  Pa-st  $0,5 \cdot 10^5$  Pa-ni. Määrata selles protsessis toimunud entroopia muutus.
516. Määrata entroopia muutus, mis toimub 100 g vee soojendamisel  $0^{\circ}\text{C}$ -st  $100^{\circ}\text{C}$ -ni ning selle täielikul aurustumisel.
517. 20 g vett temperatuuriga  $100^{\circ}\text{C}$  ning 40 g vett temperatuuriga  $15^{\circ}\text{C}$  valatakse kokku. Määrata segunemisel toimunud entroopia muutus.
518. 100 g rauda algtemperatuuriga  $300^{\circ}\text{C}$  asetatakse vette, mille temperatuur on (ja jääb)  $15^{\circ}\text{C}$ . Määrata summaarne (vee ja rauda) entroopia muutus.

### 3. Molekulaarjõud gaasides ja vedelikes

519. Kirjutada van der Waalsi võrrand  $n$  kilomooli gaasi kohta.
520. Tuletada van der Waalsi konstantide  $a$  ja  $b$  SI-ühikud.
521. Määrata rõhk anumas mahuga 2 l, mis sisaldab 1 kg veeauru temperatuuril 380 K.
522. Määrata hapniku temperatuur anumas, kus gaasi tihedus on  $100 \text{ kg/m}^3$  ning rõhk 7 MPa.
523. Vee puhul van der Waalsi konstant  $a = 5,53 \cdot 10^5 \text{ N m}^4/\text{kmol}^2$ . Määrata siserõhk.

524. 1 g lämmastiku ruumala kasvas 1 ℓ-st 5 ℓ-ni. Leida seosmiste jõudude töö sellel paisumisel. Lämmastiku puhul van der Waalsi konstant  $a = 1,35 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{m}^3 / \text{kmol}^2$ .
525. Määrata seos rõhu, ruumala ja temperatuuri vahel kriitilises punktis gaasi puhul, mis allub van der Waalsi võrrandile.
526. Leida hapniku kriitiline rõhk ja kriitiline temperatuur, kui on teada, et van der Waalsi konstandid selle gaasi puhul on  $a = 1,31 \cdot 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}^4 / \text{kmol}^2$ ,  $b = 0,031 \text{ m}^3 / \text{kmol}$ .
527. Määrata van der Waalsi konstandid süsihappegaasi jaoks, teades selle kriitilist rõhku ( $p_{kr} = 73,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ) ja kriitilist temperatuuri ( $t_{kr} = 31,1^\circ\text{C}$ ).
528. Süsihappegaasi kriitiline temperatuur on  $+31^\circ\text{C}$ , kriitiline rõhk  $73,6 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ . Määrata ühe kilomooli kriitiline ruumala.
529. Määrata hapniku molekuli efektiivläbimõõt, lähtudes selle gaasi kriitilisest temperatuurist  $T_{kr}$  ja kriitilisest rõhust  $p_{kr}$ .
530. Määrata vesiniku molekulide vabatee keskmine pikkus normaalingimustes, kasutades molekulide efektiivdiametri määramiseks selle gaasi kriitilisi parameetreid  $T_{kr}$  ja  $p_{kr}$ .
531. 28 kg lämmastiku parameetrid muutuvad algväärtustelt  $t_1 = 27^\circ\text{C}$  ja  $V_1 = 2 \text{ m}^3$  väärtusteni  $t_2 = 100^\circ\text{C}$  ning  $V_2 = 3 \text{ m}^3$ . Arvestades, et gaas allub van der Waalsi võrrandile, määrata entroopia muutus.
532. Ühes liitris vees on lahustatud 34 g pilliroosuhkrut ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) temperatuuril  $27^\circ\text{C}$ . Määrata osmootne rõhk.
533. Määrata naftaliini ( $\text{C}_{10}\text{H}_8$ ) osmootne rõhk, kui 8 g naftaliini on lahustatud 110 g bensoolis temperatuuril  $17^\circ\text{C}$ .



534. Kuidas kasvab osmootne rõhk lahustatud aine molekulide dissotsieerumise tagajärjel, kui oletada, et üks  $\alpha$ -ndik osa kõikidest molekulidest on lagunened i osaks.
535. 2,92 g keedusoola on lahustatud liitris vees temperatuuril 27°C. Missugune osa soola molekulidest on dissotsieerunud ioonideks, kui osmootne rõhk on  $1,92 \cdot 10^5$  Pa ?
536. Määrata vee tihedus 500 m sügavusel pinnast, võttes tiheduseks pinna lähedal  $1 \text{ g/cm}^3$  ning vee kokkusurutavuse koefitsiendiks  $4,7 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Pa}$ .
537.  $2 \text{ m}^3$  mahuga katel on täidetud veega rõhul  $3 \cdot 10^7$  Pa. Kui palju vett voolab välja, kui katla kaanesele tekib mõra? Vee kokkusurutavuse koefitsient on  $4,7 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Pa}$ .
538. Milline on vee tihedus  $10^{-6} \text{ cm}$  raadiusega tilgas temperatuuril 4°C? Vee kokkusurutavuse koefitsient on  $4,7 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Pa}$ .
539.  $2\text{-}\mu\text{m}$  läbimõelduga õhumullike asub veepinna ligidal. Määrata õhu tihedus mullikeses, kui atmosfääri rõhk on 76 cm Hg ja vee temperatuur 20°C.
540. 2 m sügavusel vees on õhumull läbimõelduga  $10\text{-}\mu\text{m}$ . Leida rõhk mullis, kui atmosfääri rõhk on 760 mm Hg.
541. Kui palju tööd on tehtud 14-cm läbimõelduga seebimulli väljapuhumisel, kui protsess oli isothermiline ja temperatuur 20°C? Milline on lisarõhk selle mulli sees?
542. Kui palju tööd tuleb teha, et jaotada pooleks 3-mm läbimõelduga elavhõbedatilk? Jaotamise protsess on isothermiline ning elavhõbede pindpinevuse koefitsient sellel temperatuuril 0,49 N/m.
543. Kui palju energiat vabaneb väikeste vihmapiiskade ( $r = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ ) ühinemisel suuremasse ( $R = 2 \text{ mm}$ )? Protsessi pidada isothermiliseks.
544. Klaasist U-toru ühe haru läbimõeld on 1 mm, teise 3 mm. Milline on vee nivooade vahe neis harudes?

545. Vertikaalsesse U-torusse, mille harude raadiused on  $r_1 = 0,25$  mm ja  $r_2 = 0,50$  mm, on valatud elavhõbedat nii, et samba kõrgus jämedamas harus  $h_2 = 23$  cm. Määrata sammaste kõrguste vahe torudes. Äärenurgaks võtta  $\varphi = 136^\circ$ .
546. Ühe klaastoru otsas on 5-cm raadiusega, teise otsas 10-cm raadiusega seebimull. Kumb mullidest hakkab kasvama, kui ühendada torud kummivoolikuga? Kui palju muutub väiksema mulli raadius, kui suurema raadius muutub 1 mm võrra? Kuidas muutub seejuures kummagi mulli pinnaenergia?
547. Elavhõbedaga täidetud baromeetritoru, seesmise läbimõdduga 0,4 cm, on asetatud lahtist otsa pidi elavhõbedakaussi. Elavhõbeda nivoo de vahe torus ja kaussis on 758 mm. Määrata nendest andmetest atmosfääri rõhk, arvestades, et toru ja elavhõbeda puhul on tegemist absoluutse mittemärgamisega ning elavhõbeda pindpinevuse koefitsient antud temperatuuril on 0,54 N/m.
548. Kui kõrgele tõuseb vesi kahe vertikaalselt asetatud paralleelse klaasplaadi vahel, kui nendevaheline kaugus on 0,5 mm? Arvestada, et märgamine on täielik.
549. Klaastorusse, seesmise läbimõdduga 2 mm, on asetatud koaksiaalselt 1,5-mm läbimõdduga klaaspulk. Kui kõrgele tõuseb vesi mööda niisugust kanalit? Arvestada, et märgamine on täielik.
550. 0,6-mm läbimõdduga vertikaalselt asetatud klaastoru on täidetud veega. Osa vett ripub toru alumise otsa küljes tilgana, mille raadius on 3 mm. Määrata veesamba pikkus torus. Vee pindpinevuse koefitsiendiks võtta 0,07 N/m ning märgamine lugeda täielikuks.
551. 20 cm pikkune ühest otsast kinnine klaastoru, mille seesmine läbimõõt on 0,2 mm, asetatakse lahtist otsa pidi vette. Kui sügavale peab asetama toru, et vee nivood torus ja anum as oleksid samal kõrgusel? Õhurõhk on 750 mm Hg.



552. a) 20 cm pikkune klaastoru, mille seesmine läbimõõt on 1,5 mm, asetatakse horisontaalselt elavhõbedasse 10 cm sügavusele nii, et temas olev õhk ei pääseks välja. Milliseks kujuneb õhusamba pikkus torus? Õhurõhk on 76 cm Hg, äärenurk  $138^\circ$ .
- b) Lahendada sama ülesanne, kui sügavus on 0,5 cm.
553. U-toru harud on kapillaarid seesmiste läbimõõdudega 0,1 mm ja 0,3 mm. Torusse on valatud vesi, mille temperatuur on  $20^\circ\text{C}$ . Läbimõõdu erinevuse tõttu on vee niivood harudes erinevatel kõrgustel. Kuidas muutub niivoo de kõrguste vahe, kui vee temperatuuri tõsta  $70^\circ\text{C}$ -ni? Vee pindpinevuse koefitsiendi sõltuvus temperatuurist on antud valemiga:  $\alpha = (70 - 0,15 t) \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ , kus  $t$  on vee temperatuur Celsiuse skaala järgi. Märgamine lugeda täielikuks.
554. Mikroskoobi katteklaasi läbimõõt on 16 mm. Sellele klaasile lasti veetilk massiga 0,1 g ning kaeti teise samasuguse klaasiga. Klaasid kleepusid kokku. Kui suurt klaaside pindadega risti mõjuvat jõudu peab rakendama nende eraldamiseks? Arvestada, et vesi märgab klaasi täielikult.

## L i s a d

### Mõningaid astronoomilisi suurusi

Maa keskmine raadius	$6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$
Maa mass	$5,96 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Maa keskmine tihedus	$5500 \text{ kg/m}^3$
Päikese keskmine raadius	$6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$
Päikese mass	$1,97 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Päikese keskmine tihedus	$1400 \text{ kg/m}^3$
Kuu raadius	$1,74 \cdot 10^6 \text{ m}$
Kuu mass	$7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
Maa ja Kuu tsentrite vaheline keskmine kaugus	$3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$
Maa ja Päikese tsentrite vaheline keskmine kaugus	$1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$
Kuu tiirlemise periood ümber Maa	$27 \text{ p } 7 \text{ h } 43 \text{ min}$

### Tähtsamaid füüsikalisi konstante

Gravitatsioonikonstant	$\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^2)$
Maa gravitatsioonivälja keskmine tugevus (raskuskiirendus)	$g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$
Atmosfäärirõhu keskmine väärtus (normaalrõhk)	$p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
Molekulide arv ühes kilomoolis (Avogadro arv)	$N_A = 6,02 \cdot 10^{26} \text{ 1/kmol}$
Ühe kilomooli gaasi ruumala normaalingimustes	$V_{\text{kmol}} = 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$
Universaalne gaasikonstant	$R = 8,32 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$
Boltzmanni konstant	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
Valguse levimise kiirus vaakumis	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$



## 1. Mõnede ainete tihedusi

	(tihedus) $\times 10^{-3}$ $\text{kg/m}^3$		(tihedus) $\times 10^{-3}$ $\text{kg/m}^3$
Alumiinium	2,7	Puit	0,8
Grafiit	1,6	Raske vesi	1,1
Hõbe	10,5	Raud	7,8
Jää	0,9	Teras	7,7
Kork	0,2	Tina	7,4
Kuld	19,3	Tsink	7,0
Nikkel	8,9	Valgevask	8,4
Parafiin	0,89	Vask	8,9
Plaatina	21,5	Vismut	9,8
Plii	11,3	Volfram	19,1

## 2. Tahkete ainete elastseid omadusi

Aine	Elastsus- moodul $10^{-10}$ $\text{N/m}^2$	Poissoni suhe
Klaas	6,0	0,25
Malm	8,0	0,27
Puit	0,9	-
Raud	21,0	0,28
Teras	20-22	0,28
Tsink	8,0	0,23
Valgevask	10,0	0,35

### 3. Ainete tugevuse piires venitused

Aine	$\sigma_m \times 10^{-8} \text{ N/m}^2$
Klaas	0,3
Puit	0,3
Plii	0,2
Raud	0,8
Teras	4,5
Tsink	1,2
Valgevask	1,5

### 4. Tahkete ainete soojuslike omadusi

A i n e	Sulamis- tempera- tuur °C	Erisoojus J/(kg·K)	Sulamis- soojus J/kg	Joonpai- sumis- tegur $\times 10^6$ 1/K
<u>Alumiinium</u>	659	896	$3,22 \cdot 10^5$	25
Hõbe	960	234	$8,8 \cdot 10^4$	19
Jää	0	2100	$3,35 \cdot 10^5$	-
Kork	-	2050	-	-
Plaatina	1770	117	$1,13 \cdot 10^5$	8,9
Plii	327	126	$2,26 \cdot 10^4$	29
Raud	1530	500	$1,25 \cdot 10^5$	11
Teras	-	460	-	12
Tina	232	230	$5,86 \cdot 10^4$	21
Tsink	420	391	$1,17 \cdot 10^5$	26
Valgevask	-	386	-	18
Vask	1100	395	$1,76 \cdot 10^5$	17



## 5. Vedelike omadusi

Vedelik	Tihedus $\times 10^{-3}$ kg/m <sup>3</sup>	Erisoojus J/(kg·K)	Pindpine- vustegur 20°C juu- res N/m	Sisehõõrde- tegur 20°C juures kg/(m·s)
Benseol	0,88	1720	0,03	$6,5 \cdot 10^{-4}$
Elavhõbe	13,60	138	0,49	$1,6 \cdot 10^{-3}$
Glütseriin	1,26	2430	0,064	$8,5 \cdot 10^{-1}$
Petrooleum	0,80	2140	0,026	-
Piiritus	0,79	2510	0,022	$1,2 \cdot 10^{-3}$
Seebivesi	1,00	4190	0,040	-
Vesi	1,00	4190	0,072	$1,0 \cdot 10^{-3}$

### Gaasi molekulide jaotus kiiruste järgi

Gaasi molekulide jaotust kiiruste järgi kirjeldab Maxwelli valem

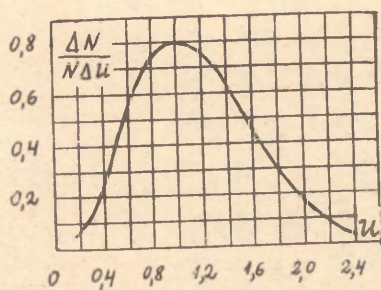
$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 \Delta u,$$

kus suhteline kiirus  $u = \frac{v}{v_t}$ , ( $v_t = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$  - molekulide tõenäolisim kiirus),  $\Delta N$  on suhteliste kiiruste vahemikku  $\Delta u$  langevate molekulide arv ning  $N$  molekulide koguarv.

Maxwelli valemi järgi arvutatud jaotusfunktsiooni  $\frac{\Delta N}{N \Delta u}$  väärtused olenevalt suhtelisest kiirusest  $u$  on toodud tabelis 6 ning selle tabeli järgi konstrueeritud graafikul (joon. 45).

Tabel 6

$u$	$\frac{\Delta N}{N \Delta u}$	$u$	$\frac{\Delta N}{N \Delta u}$	$u$	$\frac{\Delta N}{N \Delta u}$
0	0	0,9	0,81	1,8	0,29
0,1	0,02	1,0	0,83	1,9	0,22
0,2	0,09	1,1	0,82	2,0	0,16
0,3	0,18	1,2	0,78	2,1	0,12
0,4	0,31	1,3	0,71	2,2	0,09
0,5	0,44	1,4	0,63	2,3	0,06
0,6	0,57	1,5	0,54	2,4	0,04
0,7	0,68	1,6	0,46	2,5	0,03
0,8	0,76	1,7	0,36		



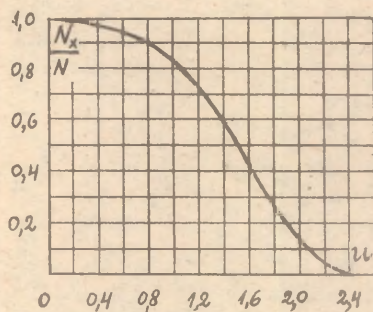
Joonis 45.



Tabel 7 ja graafik joonisel 46 kujutavad sõltuvust suhtelise kiiruse  $u$  ja sellest suurema kiirusega liikuvate molekulide suhtelise arvu  $\frac{N_x}{N}$  vahel. ( $N_x$  on molekulide arv, mille kiirused ületavad väärtuse  $u$ ).

Tabel 7

$u$	$\frac{N_x}{N}$	$u$	$\frac{N_x}{N}$
0	1,000	0,8	0,734
0,2	0,994	1,0	0,572
0,4	0,957	1,25	0,374
0,5	0,918	1,5	0,213
0,6	0,868	2,0	0,046
0,7	0,806	2,5	0,0057



Joonis 46.

### 8. Gaaside molekulide efektiivdiametreid

G a a s	$\sigma \times 10^{10} \text{ m}$
Vesinik $\text{H}_2$	2,3
Hapnik $\text{O}_2$	2,9
Lämmastik $\text{N}_2$	3,1
Argoon Ar	2,8
Heelium He	1,9
Vingugaas CO	3,2
Süsihappegaas $\text{CO}_2$	3,2
Veeaur $\text{H}_2\text{O}$	2,6

### 9. Mõningate ainete kriitilisi parameetreid

A i n e	$T_{kr}(\text{K})$	$p_{kr} \times 10^{-5}(\text{Pa})$
Vesi ( $\text{H}_2\text{O}$ )	647	213
Kloor ( $\text{Cl}_2$ )	417	74,5
Ammoniaak ( $\text{NH}_3$ )	405	110
Süsihappegaas ( $\text{CO}_2$ )	307	71,5
Krüptoon (Kr)	210	52,9
Hapnik ( $\text{O}_2$ )	154	49,0
Argoon (Ar)	151	47,0
Lämmastik ( $\text{N}_2$ )	126	32,8
Neon (Ne)	45	26,4
Vesinik ( $\text{H}_2$ )	33	12,6
Heelium (He)	6	2,2



# 10. Van der Waalsi konstante

A i n e	$a \cdot 10^{-5}$ (Nm <sup>4</sup> /kmol <sup>2</sup> )	b (m <sup>3</sup> /kmol)
Vesi (H <sub>2</sub> O)	5,54	0,031
Kloor (Cl <sub>2</sub> )	5,41	0,046
Ammoniaak (NH <sub>3</sub> )	4,10	0,036
Süsihappegaas (CO <sub>2</sub> )	3,64	0,043
Hapnik (O <sub>2</sub> )	1,38	0,032
Argoon (Ar)	1,37	0,032
Lämmastik (N <sub>2</sub> )	1,37	0,040
Vesinik (H <sub>2</sub> )	1,91	0,022
Heelium (He)	0,034	0,024

# Ülesannete vastused

1. 8,4 m/s.
2. 1) 45 km/h; 2) 40 km/h.
3. 1) 2 h 55 min; 2) 50 km; 70 km.
4. 8,36 m/s.
5. 7,5 km/h; 17,5 km/h.
6. Teisel juhul kulub aega 1,19 korda rohkem.
7. 2,24 m/s;  $63^{\circ}30'$ .
8. 1) 0,6 m/s; 2) 4 min 10 s.
9.  $120^{\circ}$ ; 1,39 m/s.
10. 225 km/h;  $4^{\circ}25'$  meridiaani suhtes.
11. 80 s; 1330 m.
12. 10 s; 150 m; 200 m.
13.  $\alpha = \arccos \left( - \frac{v_1 + v_2}{v_0} \right)$ .
14. 9,35 s.
15. d(km) = 500 t(h); 1500 km.
16.  $s_2 = \ell - \sqrt{\ell^2 - v_1^2 t^2}$ ; -0,1 m/s; -0,028 m/s<sup>2</sup>.
17.  $v_1 = 3$  m/s;  $a_1 = 0$ ;  $v_2 = 6$  m/s;  $a_2 = 0,6$  m/s<sup>2</sup>;  
 $v_k = 4,2$  m/s;  $a_k = 0,3$  m/s<sup>2</sup>.
18. a) 24 cm; 0; -200 cm;  
 b) 1,1 s; 8,9 s; 10,9 s;  
 c) 24 cm; 34 cm.
19. 10 m/s; 2 m/s<sup>2</sup>.
20. 490 m/s.
21. -0,11 m/s<sup>2</sup>; 44,5 m.
22. 0,8 s.
23. -3 m/s<sup>2</sup>; 11 m/s.
24. 2,5 m/s<sup>2</sup>; 10 m/s.
25. +0,83 m/s<sup>2</sup>; -0,83 m/s<sup>2</sup>.
26. 45 cm/s; 30 cm/s<sup>2</sup>.
27. 7,7 m/s; 5,2 s.
28.  $30^{\circ}$ .



29. 1,99 s; 19,9 m/s.

30. 20,5 cm.

31. 57 m; 3,4 s.

32. 92 m.

33. 42 m/s.

34.  $\Delta h = \frac{g \Delta t}{2} (2t - \Delta t) = 4,9 \cdot 2 + (s) - 1 \text{ m.}$

35. 1) 5 s; 4 s; 2) 123 m; 79 m.

36. 2,48 s; 24,2 m/s.

37. 0,98 s; 2,0 s.

38.  $\Delta h = 2 v_0 t.$

39. 3,7 m.

40.  $v_0 = \sqrt{2gh + \frac{g^2(\Delta t)^2}{4}} = 24,6 \text{ m/s.}$

41. 10 m/s.

42. 2,04 s; 208 m; 6 m/s; 10 m/s.

43. a) 0,7 s; b) 0,7 m; 1,27 m.

44. 2,25 s.

45.  $v_0 = \frac{n}{2} \sqrt{2gh} = 35 \text{ m/s.}$

46. 74,2 m;  $39^\circ$ .

47. 20 m/s; 28 m/s, moodustades vertikaaliga nurga  $45^\circ 20'$ .

48. 3,54 s;  $30^\circ$ .

49.  $\alpha = \arctan \left( v \sqrt{\frac{2}{hg}} \right); s = v \sqrt{\frac{2h}{g}}$

50.  $v = \Delta s \sqrt{\frac{g}{2\Delta h}}.$

51. 2 cm.

52. 17,3 m/s.

53. 28 m/s; 6,8 m/s<sup>2</sup>; 7,0 m/s<sup>2</sup>.

54. 1) Ruutparabool; 2)  $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha_0}{2g};$

3)  $s = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha_0}{g};$  4)  $t = \frac{2v_0 \sin \alpha_0}{g}.$

55. 1)  $v_0 \cos \alpha_0$ ; 0; 2)  $v_0$ ;  $-\alpha_0$ .

56. 1) 2,1 m; 2) 9,9 m; 3) 1,3 s.

57.  $76^\circ 56'.$

58. 82 m/s.
59. 5,9 m.
60.  $h_1:h_2:h_3 = 3:2:1$ ;  $s_1:s_2:s_3 = \sqrt{3}:2:\sqrt{3}$ .
61. 0,069 m<sup>3</sup>.
62.  $-36^{\circ}10'$ ; 0,75 s; 10 m.
63. 36 m/s,  $-20^{\circ}$  horisondiga;  
3,4 m/s<sup>2</sup>; 9,2 m/s<sup>2</sup>.
64.  $v_0 = 9,4$  m/s;  $\alpha_0 = 54^{\circ}30'$ .
65. 8,3 m.
66. 24,4 s; 42,5 s olenevalt algkiiruse nurgast horisondiga.
67. 19,8 m/s; 3 s; 12,1 m.
68.  $v = \frac{2\pi R \cos \varphi}{T} = 232$  m/s (T on Maa pöörlemise periood).
69. 1/6.
70. 0,0195 m/s<sup>2</sup>; 0,0117 m/s<sup>2</sup>.
71.  $10^{-3}$  rad/s; 7,6 km/s.
72.  $77^{\circ}30'$  suunaga igast läände.
73. 1,6 1/s.
74. 32,9 rad/s; 33,7 rad/s.
75. 0,45 m/s<sup>2</sup>  $153^{\circ}20'$  raadiusega.
76.  $a_n = 4,5$  m/s<sup>2</sup>;  $a_t = 0,06$  m/s<sup>2</sup>.
77.  $v = 4$  m/s;  $a_n = 2$  m/s<sup>2</sup>;  $a_t = 2$  m/s<sup>2</sup>.
78.  $t = \sqrt{\frac{\tan \alpha}{g}} = 10$  s.
79. 4 rad/s<sup>2</sup>;  $\varphi(\text{rad}) = 2[t(\text{s})]^2$ .
80. 0,4 rad/s; 5,3 cm/s<sup>2</sup>  $38^{\circ}40'$  liikumise suunaga; 8 cm.
81. 5 m/s; 1,12 m/s<sup>2</sup>  $153^{\circ}20'$  liikumise suunaga.
82. 0,62 m/s<sup>2</sup>; 0,69 m/s<sup>2</sup>;  $155^{\circ}$ .
83. 0,64 m/s<sup>2</sup>; 0,67 m/s<sup>2</sup>  $71^{\circ}30'$  liikumise suunaga.
84. 1) 1,2 m/s<sup>2</sup>  $33^{\circ}45'$  liikumise suunaga; 2) 199 s; 189 s.
85. 1)  $s=R_0 \tan 2\pi nt$ ; 2) 28,7 m/s. 3) 27,2 m/s.
86. 1) ei; 2) 3,54; 3)  $k = \frac{nm_1^2}{m_2[m_1(n+1)+m_2]}$ .
87. 1,47 N; ei muutunud; 2,08 N.

88.  $a = \frac{m_0 - (m_1 + m_2)k}{m_0 + m_1 + m_2} g$ ;  $T = \frac{m_0 m_2 (1+k)}{m_0 + m_1 + m_2} g$ .
89.  $0,98 \text{ m/s}^2$ .
90.  $F = 4 \text{ N}$ ; ei muutu.
91.  $v = \frac{mg^2 \cos \alpha}{2a \sin^2 \alpha}$ ;  $s = \frac{m^2 g^3 \cos \alpha}{6a^2 \sin^3 \alpha}$ .
92. 1) tõuseb kiirendusega  $4,9 \text{ m/s}^2$ ;  
2) laskub kiirendusega  $2,5 \text{ m/s}^2$ .
93. a)  $98,0 \text{ N}$ ;  $58,8 \text{ N}$ ;  $88,2 \text{ N}$ ;  
b)  $222 \text{ N}$ ;  $132 \text{ N}$ ;  $200 \text{ N}$ .
94.  $21^\circ 50'$ ;  $36,6 \text{ N}$ .
95.  $1/3$ .
96.  $a = g(\sin \alpha - k \cos \alpha)$ .
97.  $1,97 \text{ N}$ ;  $1^\circ 40'$  vertikaaliga.
98. Mõda kaldpinda allapoole mõjuv jõud  $F_1 \leq 33,3 \text{ N}$ ;  
ülespoole  $F_2 \leq 703 \text{ N}$ .
99.  $\alpha_m = 15^\circ$ .
100. 1) (a)  $45^\circ$ ; (b)  $52^\circ$ ; 2)  $0,27$ .
101.  $a_1 = \frac{g \cos \alpha \sin \alpha}{\frac{m_1}{m_2} + \sin^2 \alpha}$ .
102.  $0,16$ .
103. 1)  $2,45 \text{ m/s}^2$ ; 2)  $1,09 \text{ m/s}^2$ .
104.  $23,5 \text{ N}$ ;  $47 \text{ N}$ .
105.  $4 \text{ s}$ .
106.  $19,6 \text{ N}$ .
107.  $a_1 = \frac{2(m_2 - 2m_1)}{4m_1 + m_2} g$ ;  $a_2 = \frac{a_1}{2}$ ;  $T = \frac{3m_1 m_2 g}{4m_1 + m_2}$ .
108.  $a_1 = \frac{m_1 g - m_2 (g - a_2)}{m_1 + m_2}$ ;  $F = \frac{m_1 m_2 (2g - a_2)}{m_1 + m_2}$ .
109.  $a = \frac{(m_1 - m_2)^2}{(m_1 + m_2)^2} g$ .



$$110. 1) a_g = \frac{(m_1 - m_2)g + 2m_2 w}{m_1 + m_2}; a_k = \frac{(m_1 - m_2)(g - w)}{m_1 + m_2};$$

$$2) F = \frac{4m_1 m_2}{m_1 + m_2} (g - w).$$

$$111. \Delta m = \frac{2 m g}{g + a}.$$

$$112. 10,3 \text{ m/s}.$$

$$113. 5,6 \text{ m}.$$

$$114. 1) 12,5 \text{ m/s}; 2) 53 \text{ m/s}.$$

115. Suurema kuulikese kiirus on  $\sqrt{2}$  korda suurem kui väiksemal.

$$116. c = 0,2.$$

$$117. v = v_0 - \frac{F}{m} s.$$

$$118. 4,7 \text{ kJ}.$$

$$119. 1,35 \text{ kJ}.$$

$$120. 996 \text{ J}.$$

$$121. 15,7 \text{ kN}.$$

$$122. 4,4 \cdot 10^5 \text{ N}; 0,011 \text{ s}.$$

123. 1)  $5 \text{ kN}$ ;  $4 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ ; 2) kuul läbib laua ning väljub sellest kiirusega  $141 \text{ m/s}$ .

$$124. t = \frac{h(v_0 - v)}{v_0 v \ln(\frac{v_0}{v})}.$$

$$125. 118 \text{ J}; 157 \text{ J}.$$

$$126. 3 \text{ kN}.$$

$$127. 9,9 \text{ m/s}.$$

$$128. 1,2 \text{ m/s}; 480 \text{ N}; 0,0041.$$

$$129. a) 0,02; b) 46 \text{ W}.$$

$$130. 1) 6 \text{ m/s}; 2) 73 \text{ s}; 3) -0,098 \text{ m/s}^2; 4) 220 \text{ m}.$$

$$132. 1) 11,6 \text{ N}; 2) 1,74 \text{ kJ}; 29 \text{ W}; 3) 204 \text{ m}.$$

$$133. 1. a) 294 \text{ m/s}^2; 413 \text{ m/s}; c) 290 \text{ m}.$$

$$2. a) \text{ Ühtlane kiirusega } 413 \text{ m/s}; b) 0,54 \text{ s}.$$

$$3. a) 42,5 \text{ kN}; b) -850 \text{ m/s}^2; c) 0,48 \text{ s}; d) 2,42 \text{ s}.$$

134. 1) 36,4 kN; 39,2 kN; 44 kN;  
12 s; 24 s; 7,2 s; 43,2 s.  
2) 105 kN; 98 kN; 86 kN;  
12 s; 24 s; 7,2 s; 43,2 s.
135. 1)  $a_1 = 0,76 \text{ m/s}^2$ ;  
2)  $T_1 = 4,4 \text{ N}$ ;  $T_1 = 3,2 \text{ N}$ ;  
3)  $t_1 = 2,4 \text{ s}$ ;  $v_1 = 1,82 \text{ m/s}$ ;  
4)  $a_2 = 1,5 \text{ m/s}^2$ ;  $t_2 = 5,7 \text{ s}$ ;  
5)  $T_2 = 2,5 \text{ N}$ .
136. 1) 14,0 m/s; 2) 125 m;  $2,45 \cdot 10^6 \text{ J}$ ; 3)  $1^\circ 10'$ ;  $4^\circ 45'$ .
137. 3,5 J.
138. 1)  $5,6 \cdot 10^{-23} \text{ Ns}$ ; 2)  $2,8 \cdot 10^{-23} \text{ Ns}$ .
139. 31,4 N.
140. 86 N.
141.  $\vec{u} = 2 \vec{v}$ .
142. 0,96 m.
143. 0; 0,9 J.
144. 42 J.
145. -6 m/s; 4 m/s.
146. 1) 1,6 m/s; 2) -0,8 m/s; 2,2 m/s.
147.  $k = \left(\frac{1+n}{1-n}\right)^2$  korda;  $k_1 = 1,4$ ;  $k_2 = 9$ .
148.  $-\frac{\vec{v}_0}{5}$ ;  $\frac{2\sqrt{3}}{5} \vec{v}_0$   $30^\circ$ -se nurga all  $\vec{v}_0$  suhtes.
149. 1) 370 J; 2) 29,6 J; 3) 92,6 %.
150.  $v = \frac{m+M}{m} \sqrt{2g\ell(1-\cos\alpha)} = 910 \text{ m/s}$ .
151.  $14^\circ 40'$ .
152. 0,64 m.
153. 400 m/s; 1,6 %; 98,4 %.
154. 1)  $4 \ell/9$ ; 2)  $\ell/9$ ;  $16\ell/9$ .
155.  $u_3 = \frac{16}{9} \sqrt{2g\ell(1-\cos\varphi_1)}$ ;  
 $\varphi_3 = \arccos \frac{256 \cos\varphi_1 - 175}{81}$ .
156. 85 m/s, samas suunas.

157.  $\frac{m}{m+M} L$ .

158. 1) 9,3 m/s; 2) 10,7 m/s.

159. 1)  $\vec{v}_1 = -\frac{2m}{M+2m} \vec{u}$ ;  $\vec{v}_2 = -\frac{m(2M+3m)}{(M+m)(M+2m)} \vec{u}$ ;

$$\frac{v_2}{v_1} = 1 + \frac{m}{2(M+m)} > 1.$$

160. 35,6 kg/s.

161. a)  $v = u \ln \frac{m_0}{m}$ ; b)  $a_0 = \frac{ru}{m_0}$ ; c)  $r = 490 \text{ kg/s}$

162. 1) 0,375 s; 2) 330 m/s.

163. 14 rad/s.

164. 2100 N.

165.  $41^\circ 30'$ .

166.  $F = mg(1+4 \text{ kh})$ .

167. 4,9 J.

168. 14 m/s.

169.  $h_1 = \frac{R+2h}{3}$ ;  $h \geq 2,5 R$ .

170.  $2R/3$  ( $R$  on kera raadius).

171.  $78^\circ 40'$ .

172.  $\omega = \sqrt{\frac{g}{\tan \varphi (R + \ell \cos \varphi)}} = 1,36 \text{ rad/s}$ .

173. a) 10,2 m/s; b) 12,1 m/s;  $14^\circ$ -se vertikaaliga

174.  $v_m = \sqrt{kgR}$ ;  $\sqrt{n}$  korda.

175. 7,4 cm.

176. 13 m/s;  $31^\circ$ .

177.  $1,78 \cdot 10^{-6} \text{ N}$ .

178.  $35 \text{ 700 km} \leq x \leq 40 \text{ 700 km}$ , taevakehade vahel;

$44 \text{ 600 km} \leq x \leq 50 \text{ 900 km}$ , teisel pool Kuud ( $x$  on punktide kaugus Kuu tsentrist).

179. a)  $6,27 \text{ m/s}^2$ ; b) 13 700 km.

180.  $0,6 \text{ cm/s}^2$ .

181. 0,68 %.

182.  $D = \sqrt[3]{\frac{6 \sqrt{MT^2}}{4 \pi^2}}$ .



183. 382 000 km.

184. 100.

185.  $264 \text{ m/s}^2$ .

186.  $M = \frac{gR^2}{g}$ ;  $\rho = \frac{3g}{4\pi g R}$ .

187.  $930 \text{ kg/m}^3$ .

188.  $6,2 \cdot 10^4 \text{ J}$ .

189.  $-\frac{mgR^2}{r_0}$  (R on Maa raadius).

190.  $6,1 \cdot 10^{10} \text{ J}$ .

191. 1)  $1700 \text{ km}$ ; 2)  $7,1 \text{ km/s}$ ;  $8,7 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s}$ ;  
3)  $6,2 \text{ m/s}^2$ ; 4)  $1,9 \cdot 10^9 \text{ J}$ .

192.  $7,9 \text{ km/s}$ ;  $11,2 \text{ km/s}$ .

193.  $2,41 \text{ km/s}$ .

194. 0,9 d Maa tsentrist, kus d on Maa ja Kuu tsentrite vaheline kaugus.

195.  $E = \frac{4\gamma m}{4a^2 - \ell^2}$ ;  $\varphi = -\gamma \frac{m}{\ell} \ln \frac{2a+\ell}{2a-\ell}$ .

196.  $E = \gamma \frac{2m}{R^2} \left[ 1 - \frac{a}{\sqrt{a^2 + R^2}} \right]$  risti ketta tasapinnaga;

$$\varphi = -\gamma \frac{2m}{R^2} \left[ \sqrt{a^2 + R^2} - a \right].$$

197. 17 N; 24,5 N.

198. 5,5 m.

199. 2,06 N.

200. 34 N; 20 N.

201. a)  $x = 1,2 \text{ cm}$ ;  $y = 0,7 \text{ cm}$ ; b)  $x = 5 \text{ cm}$ ;  $y = 3 \text{ cm}$ .

202. Teljel 9,3 cm kaugusel suurema silindri põhjast.

203.  $x = -9/16 \text{ dm}$ ;  $y = 0$ .

204.  $4R/3\pi$ .

205.  $h/4$ , kus h on koonuse kõrgus.

206.  $19^\circ 30'$ .

207. 650 N; 750 N.

208. 0,05 cm.

209.  $F_1 = F_2 = 0,38 \text{ N}$ ;  $F_3 = 0,29 \text{ N}$ .

210.  $k \geq 0,176$ .
211.  $38^{\circ}40'$ . Redel ei libise maha, kui inimene asub madalal redeli keskpaigast, ning libiseb maha, kui inimene läheb mööda redelit üles ning ületab selle keskkohta.
212. 1)  $48^{\circ}$ ; 2) 0.
213.  $\alpha = 11^{\circ}$
214. 10,4 N; 2,0 N.
215. 0,78 N; 0,55 N.
216.  $\alpha = 18^{\circ}24'$ .
217.  $\alpha = 26^{\circ}36'$ .
218.  $\alpha = 50'$ .
219.  $F_A = 8,98 \text{ kN}$  (horisontaalne);  
 $F_B = 11,3 \text{ kN}$  ( $54^{\circ}$ -se nurga all vertikaali suhtes).
220. 1)  $F_A = 2,65 \text{ N}$ ;  $F_B = 8,65 \text{ N}$  (mõlemad jõud vertikaalsed);  
 2)  $F_A = F_B = 6,38 \text{ N}$  (mõlemad jõud moodustavad vertikaaliga nurga  $79^{\circ}15'$ ).
221. a) 118 J; b) 1080 J.
222. 0,207.
223.  $-4,02 \text{ rad/s}^2$ ; 6,25 s.
224.  $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ .
225.  $I = ma^2$ .
226. 1)  $I_1 = \frac{1}{12} m\ell^2 \sin^2 \alpha$ ; 2)  $I_2 = ma^2$ ;  
 3)  $I_3 = \frac{1}{12} m\ell^2 + mb^2$ .
227. 19,5 cm.
228.  $0,25 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ .
229.  $7,23 \cdot 10^{33} \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ .
230. 0,42 J.
231. 4,7 J.
232. 88 J.
233. a) 0,3 J; b) 0,2 J.
234. 1)  $1/2$ ; 2)  $1/3$ ; 3)  $2/7$ .
235.  $k = \frac{7sd}{5t^2g} = 0,15 \text{ cm}$ .
236. 1)  $t_1 = 2 \sqrt{\frac{\pi R}{g}}$ ; 2)  $N_2 = \frac{\sqrt{2} t_2}{2}$ ;  $M_2 = \frac{\pi m R^2 \sqrt{2}}{t_2}$ .

237.  $2,8 \text{ m/s}^2$ .

238.  $0,072 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$ .

239.  $\omega = \frac{2}{R} \sqrt{\frac{gh}{5}} = 102 \text{ rad/s}$ ;  $t = \sqrt{\frac{3h}{g}} = 0,78 \text{ s}$ .

240.  $0,3 \text{ m}$ .

241. 1)  $\varepsilon = \frac{2g \cos \varphi}{\ell (5 + \cos^2 \varphi)}$ ;  $\varepsilon_0 = 16,3 \text{ rad/s}^2$ ;

$\varepsilon_1 = 14,8 \text{ rad/s}^2$ ;  $\varepsilon_2 = 9,3 \text{ rad/s}^2$ ;  $\varepsilon_0 = 0$ .

2)  $a_{t0} = 1,63 \text{ m/s}^2$ ;  $a_{t3} = 0$ ;

$a_{n0} = 0$ ;  $a_{n3} = 7,85 \text{ m/s}^2$ .

242.  $980 \text{ J}$ .

243.  $39,8 \text{ N}\cdot\text{m}$ .

244.  $42,4 \text{ N}$ .

245.  $39,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}$ .

246. 1)  $1 \text{ N}\cdot\text{m}$ ; 2)  $1 \text{ N}\cdot\text{m}$ .

247.  $0,39$ .

248.  $3,74 \text{ m/s}$ .

249. 1)  $v = \sqrt{gh}$ ; 2)  $v = 2\sqrt{\frac{gh}{3}}$ .

250. a)  $t = \frac{2\ell}{\sqrt{gh}} = 9,1 \text{ s}$ ; b)  $t = \frac{\ell\sqrt{3}}{\sqrt{gh}} = 1,1 \text{ s}$ .

251.  $t = \sqrt{\frac{5\ell}{2g \sin \alpha}} = 0,7 \text{ s}$ .

252.  $a = 5g \sin \alpha \frac{4R^2 - d^2}{28R^2 - 5d^2} = 0,5 \text{ m/s}^2$ ;  $R = 1,3 \text{ cm}$ .

253.  $k \geq \frac{1}{3} \tan \alpha$ ;  $0,49 \text{ N}$ .

254.  $F = \frac{2}{7} mg \sin \alpha$ ;  $a = \frac{5}{7} g \sin \alpha$ .

255.  $v = \sqrt{3 g \ell} = 12,1 \text{ m/s}$ ;  $\frac{2\ell}{3} = 3,3 \text{ m}$  kõrgusel maapinnast.

256. a)  $81^\circ 20'$ ; b)  $7,7 \text{ m/s}$ .

257. a)  $\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$ ;  $v = \sqrt{g\ell}$ ; b)  $\omega > \sqrt{\frac{2g}{\ell}}$ .

258.  $9^\circ 20'$ .

259.  $0,94 \text{ m/s}$ .

260. 1) suureneb  $1,03$  korda; 2) suureneb  $1,5$  korda.

261.  $A = m\pi^2(\ell_1^2 - \ell_2^2) n_2 n_1 = 48 \text{ J}$ .



$$262. v = \frac{2m}{m+4m} u.$$

$$263. 8 \text{ cm}; 2 \text{ s}; 45^\circ.$$

$$264. 4,32 \text{ cm}; 6,55 \text{ cm/s}; 29,7 \text{ cm/s}^2.$$

$$265. a) T/6; b) \pi/2; c) 0,25 \text{ T}; 0,083 \text{ T}; 0,054 \text{ T}; 0,060 \text{ T}.$$

$$266. 16 \text{ cm/s}^2.$$

$$267. 1) 8,2 \text{ cm/s}; 2) 22,1 \text{ MJ}.$$

$$268. 1,26 \text{ s}; 10^{-3} \text{ N}; 5 \cdot 10^{-5} \text{ J}.$$

$$269. a) 1,05 \text{ s}; b) x = 5 \sin 6t; v = 30 \cos 6t; \\ j = -180 \sin 6t; f = -1,8 \cdot 10^4 \sin 6t; (\text{pikkused} \\ \text{mõõdetud sentimeetrites, mass grammides, aeg sekun-} \\ \text{dites}); c) 0,94 \text{ s}; 24 \text{ cm/s}; 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ J}; 1,62 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$$

$$270. 62^\circ 40'.$$

$$271. x = \sqrt{2} \sin(\pi t + 135^\circ), \text{ pikkused mõõdetud senti-} \\ \text{meetrites, aeg sekundites.}$$

$$272. x = 2,6 \cos \pi [t(s) + 0,4] \text{ cm}.$$

$$273. a) S: x = \sin(2\pi t + \varphi); A: x = -3 \sin(2\pi t + \varphi);$$

$$b) O: x = \sin(2\pi t + \varphi); A: x = 4 \sin(2\pi t + \varphi);$$

$$c) (1) S, O, A: x = \sin(2\pi t + \varphi);$$

$$(2) S: x = \sin(2\pi t + \varphi); O: x = -\sin(2\pi t + \varphi); \\ A: x = -7 \sin(2\pi t + \varphi);$$

$$(3) S: x = \sin(2\pi t + \varphi); O: x = \cos(2\pi t + \varphi); \\ A: x = 5 \sin(2\pi t + 127^\circ).$$

(Pikkused mõõdetud sentimeetrites, aeg sekundites.)

$$274. \text{Ellips: } 4x^2 + 9y^2 - 36 = 0.$$

$$275. \text{Ellips: } x^2 + 9y^2 - 9 = 0.$$

$$276. \frac{l_1}{l_2} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 = 1,17.$$

$$277. T = 2\pi \sqrt{\frac{\rho \cos \frac{\alpha}{2}}{g}} = 1,7 \text{ s}.$$

$$278. T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g-a}} = 2,1 \text{ s}; T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g+a}} = 1,93 \text{ s}.$$

$$279. 1) T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 1,42 \text{ s}; 2) T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g^2+a^2}} = 1,40 \text{ s};$$

$$3) T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g \cos \alpha}} = 1,44 \text{ s}.$$

$$280. T = 2\pi \sqrt{\frac{l(n+1)}{g(n-1)}} = 2,1 \text{ s}.$$

281. a) 2,8 s; b) 0,04 J; 2 m/s;

$$c) T_1: T_2 = 9:8; T = \pi \frac{\sqrt{2\ell} + \sqrt{\ell}}{\sqrt{2g}} = 2,4 \text{ s.}$$

282.  $F = mg (3 \cos \theta - 2 \cos \alpha)$ ; a)  $F = 3 mg$ ; b)  $F = 2 mg$ .

283. 1,25 1/s; 2 %.

284.  $10^{-4}$ ; 8,6 s.

285. Kell jääb taha 6,3 s ööpäevas.

$$286. 1) T = 2\pi \sqrt{\frac{2\ell}{3g}}; 2) x = \ell \frac{3-\sqrt{3}}{6}; T_{\min} = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g\sqrt{3}}}.$$

287. 1,95 s.

$$288. a) T = 2\pi \sqrt{\frac{Md^2 + mx^2}{(Md - mx)g}}; b) x = \frac{Md}{m}, \text{ telg läbib massikeset.}$$

$$289. T = 2\pi \sqrt{\frac{5\ell}{6g}}; \Delta T = 9,1 \cdot 10^{-5} \text{ s.}$$

$$290. T = 2\pi \sqrt{\frac{3}{2} \frac{r}{g}} = 1,2 \text{ s.}$$

$$291. a) T = 2\pi \sqrt{\frac{2r}{g}} = 2,84 \text{ s}; b) \Delta T = 5,68 \cdot 10^{-5} \text{ s.}$$

292.  $1,18 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ .

293. 0,63 s.

294. 225 g.

$$295. T = 2\pi \sqrt{\frac{a}{g}}.$$

$$296. T = 2\pi \sqrt{\frac{(2m_1 + 2m_2 + m_3) \Delta \ell}{2(m_1 - m_2)g}} = 0,8 \text{ s.}$$

297. 21 m/s.

298.  $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ ;  $9,8 \cdot 10^{-5} \text{ N} \cdot \text{m/rad}$ .

$$299. T = \frac{4}{D} \sqrt{\frac{\pi m}{\rho g}}.$$

300. 0,77 s.

$$301. T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g(\sin \alpha + \sin \beta)}}.$$

302.  $t = \frac{1}{4} \sqrt{\frac{3\pi}{\mu\rho}} = 21 \text{ min}$ ,  $\mu$  on gravitatsioonikonstant.
303. 0,0023.
304. 0,014.
305. 230.
306. 21 s.
307. 14,4 s.
308. 170 J.
309. 245 Hz.
310. 1) 18 m; 2) -1,73 cm; 5,2 cm/s; 47,5 cm/s<sup>2</sup>.
311.  $2,8\pi$ .
312.  $\pi/2$ .
313. a) 0,5 m; b) 2,6 cm; 1,9 m/s.
314. a) 4 mm; b) 0; 1,08 mm.
315.  $x = 3,85 \sin \left[ 100 \pi t(\text{s}) - \frac{2\pi}{12} \right] \text{ mm}$ .
316. a)  $d = \frac{1}{\cos \frac{\alpha}{2}} k \frac{\lambda}{2}$ ; b)  $d = \frac{2k+1}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} \frac{\lambda}{2}$ ;  
 c)  $d = 5,4 \text{ mm}$  (d on punktide kaugus nurgapoolitajast,  $\lambda$  - lainepikkus).
317. 1)  $\nu_k = k \frac{v}{2L}$ ;  $\nu_1 = 100 \text{ Hz}$ ;  
 2)  $\nu_k = \frac{2k+1}{4} \cdot \frac{v}{L}$ ;  $\nu_1 = 50 \text{ Hz}$ .
318. 0,09 s; väheneb  $3,3 \cdot 10^{-4} \text{ s}$  võrra.
319. a) 0,39 m; 0,195 m; b) 7 K.
320. 189 Hz; 192,5 Hz;  $\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{1}{56}$  - kuuldav;  
 tuiklemine sagedusega 3,5 Hz;  
 a) lühendada esimest toru 0,83 cm võrra;  
 b) tõsta õhu temperatuuri 11 K võrra;  
 c) avatud toru puhul on sagedused kaks korda suuremad;  
 tuiklemise hävitamiseks peab esimest toru veel lühendamaks 0,83 cm võrra ning õhku soojendama 11 K võrra.
321. 131 Hz.
322. 66 N; 1,65 N.
323. 700 Hz.
324. 30 cm.



325. Peenema keele võnkeperiood on kaks korda väiksem.
326. a) 0,079 s; b) 126 m; väheneb 0,63 m võrra; c) 63 Hz.
327. a)  $7,8 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ ; b) -1,5 mm; c) 33,3 Hz.
328. a) 22,4 N; b) 100 Hz.
329. a) 258 m/s; b) 102 N; c) 129 Hz; 258 Hz; d) 1 s.
330.  $5,83 \cdot 10^3 \text{ km/s}$ .
331. 70 000 km/s.
332. 1) 261 Hz; 219 Hz; 2) 252 Hz; 208 Hz; 3) 250 Hz; 229 Hz.
333.  $1,18 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ .
334. 0,2 mm.
335. 252 N; 2,5 mm; 0,25 %.
336. 0,32 cm.
337. 2,67 cm.
338.  $\Delta S = \frac{\pi d^2 \Delta p}{4 b E} = 1,08 \text{ cm}^2$ .
339. 27,2 K.
340.  $2,4 \cdot 10^8 \text{ Pa}$ .
341. 27 mm.
342. 177 m.
343. Eelmise ülesande põhjal - ei ole.
344.  $\frac{\sqrt{2} \sigma_{\max}}{\pi \ell \sqrt{\rho}} = 72,5 \text{ 1/s}$ . ( $\rho$  on terase tihedus,  $\sigma_{\max}$  - terase tugevuse piir).
345. 1)  $4,2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ ; 2)  $7,7 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .
346.  $\Delta V = \frac{\ell(1-2\mu)F}{E} = 8 \text{ mm}^3$ ;  $\Delta S = \frac{4\ell(1-\mu)F}{E d} = 0,28 \text{ cm}^2$ . (E on terase elastsusmoodul,  $\mu$  - Poissoni suhe).
347. 10 J.
348.  $4,9 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$ ; 1,23 mm;  $2,46 \cdot 10^{-4}$ ; 12,1 J.
349. 12,5 J.
350.  $4 \cdot 10^5 \text{ J/m}^3$ .
351. 196 N/m.
352.  $\lambda = \frac{mg\ell^3}{2Eab^3} = 0,033 \text{ mm}$ .
353. 220 m.
354. 78,5 N.

$$355. a = \frac{2g(H-h)}{l}.$$

$$356. 0,12 \text{ cm/s.}$$

$$357. 23,4 \text{ m/s.}$$

$$358. 100 \text{ m/s; } 5,1 \cdot 10^6 \text{ Pa.}$$

$$359. 0,5 \text{ s.}$$

$$360. 13,2 \text{ l.}$$

$$361. 1,41 \text{ m.}$$

362. 3) Äva peab olema võrdsetel kaugustel anuma põhjast ja ves pinnast.

$$363. t = \frac{2s}{\sqrt{2} g \alpha s_1} (\sqrt{H} - \sqrt{\frac{H}{2}}) = 137 \text{ s.}$$

$$365. 1) 6,15 \text{ cm/s; } 2) 51,3 \text{ m/s.}$$

$$366. \alpha = \arctan \frac{(p_1 - p_2) + \frac{\rho}{2}(v_1^2 - v_2^2)}{\rho g l} = 27^\circ.$$

$$367. m = \frac{\pi d_1^2 d_2^2 t}{4} \sqrt{\frac{2 \rho \Delta p}{d_1^4 - d_2^4}} = 107 \text{ kg.}$$

$$368. 10^{-3} \text{ kg/(m.s).}$$

$$369. 1,07 \text{ kg/(m.s).}$$

$$370. 11,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3.$$

$$371. 8,65 \text{ mm.}$$

$$372. a) 2 \cdot 10^{-5} \text{ cm/s; } b) 4 \cdot 10^{-2} \text{ cm/s.}$$

$$373. \text{Tõusab.}$$

$$374. 1,26 \cdot 10^{-25} \text{ kg.}$$

$$375. 2,99 \cdot 10^{-26} \text{ kg; } 3,34 \cdot 10^{19} \text{ 1/mm}^3.$$

$$376. 3 \cdot 10^{18}.$$

$$377. 1) 5,6 \cdot 10^{-23} \text{ N.s; } 2) 2,8 \cdot 10^{-23} \text{ N.s.}$$

$$378. 1) 0,017 \%; 2) 0,046 \%.$$

$$379. 600 \text{ K.}$$

$$380. 15,2 \text{ l.}$$

$$381. 129 \text{ kg.}$$

$$382. 1,15 \text{ korda.}$$

$$383. 0,9 \text{ m/s.}$$

$$384. 11,7 \text{ kg/m}^3; 0,083 \text{ kg/m}^3.$$

385.  $5,35 \cdot 10^{-14}$  W.  
 386. 30,2 kg/kmol.  
 387. 28,9 kg/kmol.  
 388. 0,11 g.  
 389.  $3 \cdot 10^{21}$ .  
 390.  $3,45 \cdot 10^{14}$   $\gamma/\text{cm}^3$ .  
 391.  $4,1 \cdot 10^{19}$   $\gamma/\text{cm}^3$ .  
 392. 4,35 Pa.  
 393. 105  $\text{cm}^3$ .  
 394.  $2,26 \cdot 10^4$  Pa;  $6,39 \cdot 10^4$  Pa.  
 395. a) 78; b) väheneb 1,34 korda.  
 396. a) 300 K; b) 335 K.  
 397. 134 g.  
 398. Rõhk langeb  $2,1 \cdot 10^6$  Pa võrra.  
 399. 1,45 g.  
 400. 0,56  $\text{m}^3$ .  
 401. 642.  
 402. 1000  $\text{m}^3$ .  
 403. 0,33 cm/s.  
 404. 438 K.  
 405. 2000 m/s.  
 406. 83 K.  
 407.  $154^\circ\text{C}$ .  
 408. 518 m/s.  
 409.  $4,2 \cdot 10^{18}$   $\gamma/\text{cm}^3$ .  
 410. 4,5 %.  
 411.  $1,77 \cdot 10^{16}$   $\gamma/\text{cm}^3$ .  
 412. 328 K.  
 413.  $\frac{3\sqrt{e}}{2}$  mis tahes gaasi jaoks, mis tahes temperatuuril.  
 414. 1)  $3,8 \cdot 10^{23}$ ;  $4,7 \cdot 10^{23}$  (vt. graafikut joonisel 46).  
 415. 70 % (vt. graafikut joonisel 46).  
 416. 1,9 km.  
 417.  $h = \frac{RT}{\mu g}$ .  
 418. 2,3 km.



419.  $M = \frac{p_0 S}{g} \left(1 - e^{-\frac{\mu g H}{RT}}\right)$ .
420.  $\Delta h = 6,5 \text{ m}$ .
421. 1)  $\Delta h = 8,4 \text{ m}$ ; 2)  $\Delta h = 25,8 \text{ m}$ .
422.  $1,41 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ .
423.  $0,11 \text{ Pa}$ .
424. Või, kuna molekulide vabatee pikkus  $\lambda = 97 \text{ m}$ , mis on palju suurem anuma läbimõõdust.
425.  $1,42 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ .
426. 1)  $6 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$ ; 2)  $12,5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$ ; 3)  $0,94 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$ .
427.  $362 \text{ m/s}$ ;  $4,4 \cdot 10^9 \text{ 1/s}$ .
428.  $9,3 \cdot 10^{-8} \text{ s}$ .
429. a)  $\bar{v} \sim T^{1/2}$ ;  $\lambda = \text{const}$ ;  $\gamma \sim T^{1/2}$ ;  
b)  $\bar{v} \sim T^{1/2}$ ;  $\lambda \sim T$ ;  $\gamma \sim T^{-1/2}$ .
430.  $135 \text{ nm}$ .
431.  $3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .
432.  $4,1 \text{ m/s}$ .
433.  $\eta = \frac{F(R-r)}{4\pi^2 \gamma h R r} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ N.s/m}^2$ .
434.  $5,68 \cdot 10^{-4} \text{ N.m}$ .
435. 1) Jääb muutumatuks; 2) väheneb 1,41 korda;  
3) suureneb 1,15 korda.
436.  $1,78 \cdot 10^{-5} \text{ kg/(m.s)}$ .
437.  $1,8 \cdot 10^{25} \text{ 1/m}^3$ .
438.  $0,089 \text{ J/(m.s.K)}$ .
439.  $1,26 \text{ Pa}$ .
440.  $78 \text{ J}$ .
441.  $2,44 \cdot 10^4 \text{ J}$ .
442.  $c_v = 742 \text{ J/kgK}$ ;  $c_p = 1040 \text{ J/(kg.K)}$ .
443.  $c_p = 925 \text{ J/kgK}$ ;  $c_v = 673 \text{ J/(kg.K)}$ .
444.  $2 \text{ g}$ .
445.  $1,52$ .
446.  $0,36$ .
447.  $23 \%$ .
448.  $0,83 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ ;  $1,38 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ ;  $1,66 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ .

449. 1)  $U_1 = \frac{3}{2} \text{ pV}$ ; 2)  $U_2 = \frac{5}{2} \text{ pV}$ .
450. 7350 J.
451. 17,4 kJ.
452.  $3,94 \cdot 10^{-21} \text{ J}$ ; 296 J.
453. 83,1 kJ.
454. 6,0 kJ.
455. 927 J.
456.  $3,1 \cdot 10^7 \text{ J}$ .
457. 2,4 kJ.
458. 6,7 K.
459. 1)  $v^2$  võrra; 2)  $0,6 v^2$  võrra
460. a) +5,5 J; b) -5,5 J.
461. Suureneb 2500 J võrra.
462.  $2,2 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ ; 543 K.
463. 291 kJ; 208 kJ; 83 kJ.
464. 352 K;  $1,21 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .
465. a) 1,67; b)  $7,25 \cdot 10^5 \text{ J}$ ; c)  $4,8 \cdot 10^5 \text{ J}$ .
466. a)  $5,2 \cdot 10^4 \text{ J}$ ; b)  $-5,2 \cdot 10^4 \text{ J}$ ; c) 1,83.
467. a)  $1,25 \cdot 10^6 \text{ J}$ ; b)  $1,25 \cdot 10^6 \text{ J}$ ; c) 0.
468. 273 K; 101,3 J.
469.  $3,28 \cdot 10^6 \text{ J}$ ;  $0,4 \cdot 10^6 \text{ J}$ .
470. 1,4.
471. 359 J.
472. 1) 14,6 kJ; 2) 4,18 kJ.
473. 1,51 kJ.
474. 1260 J.
475. Väheneb 1,25 kJ võrra.
476. 415 J; 166 J.
477.  $7,1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ; 354 K.
478. 155 J.
479. 8,15 kJ.
480. 830 kg/h.
481.  $2,4 \cdot 10^6 \text{ Pa}$ ; 19,3 kJ.
482. 2,38 J.
483. 500 m/s.
484.  $3,8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ; 221 K.

485. 754 K.
486. 1,33.
487. Üheaatomilise gaasi temperatuuri tõus on 1,85 korda suurem.
488. 1,41.
489.  $5,2 \cdot 10^5$  Pa.
490. 1) 193 kJ; 2) 195 kJ.
491. 109 K; -105 J.
492.  $\Delta T = 3,5$  K;  $\Delta U = 73$  kJ.
493. Väheneb 1,15 korda.
494. Väheneb 2,3 korda.
495. 415 J.
496. 157 K; 0,88 kJ.
498. 1260 p/s.
499. 1)  $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ ; 2) 1; 3) 0.
500. Gaas paisudes jahtub, kusjuures tema absoluutne temperatuur on pöördvõrdeline ruumalaga.
501.  $\Delta U = -\frac{3p_1V_1}{2} \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^2 \right] = -2600$  J;  
 $\Delta Q = -p_1V_1 \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^2 \right] = -1730$  J.
502. 1)  $1,76 \cdot 10^{-4}$  m<sup>3</sup>; 2) 510 K; 3) 240 J.
503. 280 K.
504. 343 J.
505. 0,69 m<sup>3</sup>.
506. 11,3 %; 33,8 %.
507. a) 0,5; b)  $2,86 \cdot 10^6$  J; c)  $1,43 \cdot 10^6$  J; d)  $1,43 \cdot 10^6$  J.
508. 0;  $p_1(V_1 - V_0)$ ;  $\frac{p_1V_1}{\gamma - 1} \left[ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right]$ ; 0;  $p_0(V_2 - V_0)$ .
509. 10 kJ.
510. I a) 1515 J; b) 900 J; c) 615 J;  
 II a) 1845 J; b) 1230 J; c) 615 J.
511.  $2,45 \cdot 10^6$  J; Carnot' protsessis tehtav töö on 2,1 korda suurem.
512. 2,94 J/K.



513. 0,22 J/K.  
 514. 8,2 J/K.  
 515. 17,2 J/K.  
 516. 735 J/K.  
 517. 1,54 J/K.  
 518. 13,5 J/K.  
 519.  $(p+n^2 \frac{a}{v^2})(V-nb) = nRT$ .  
 520.  $N \cdot m^4 / kmol^2$ ,  $m^3 / kmol$ .  
 521.  $1,01 \cdot 10^8$  Pa.  
 522. 290 K.  
 523.  $1,7 \cdot 10^9$  Pa.  
 524. 0,138 J.  
 525.  $p_{kr} V_{kr} = \frac{3}{8} RT_{kr}$  (R on universaalne gaasikonstant).  
 526.  $5,1 \cdot 10^6$  Pa; 151 K.  
 527.  $a = 3,6 \cdot 10^5 N \cdot m^4 / kmol^2$ ;  $b = 0,043 m^3 / kmol$ .  
 528.  $0,128 m^3 / kmol$ .  
 529.  $\sigma = \sqrt[3]{\frac{3 k T_{kr}}{16 \pi p_{kr}}} = 2,95 \cdot 10^{-10} m$ .  
 (k on Boltzmanni konstant)  
 530.  $1,1 \cdot 10^{-7} m$ .  
 531. 8 kJ/K.  
 532.  $2,48 \cdot 10^5$  Pa.  
 533.  $1,2 \cdot 10^6$  Pa.  
 534. Rõhk suureneb  $[1 + 2\epsilon(1-1)]$  korda.  
 535. 54 %.  
 536.  $1002,3 kg/m^3$ .  
 537. 28 ℓ.  
 538.  $1006,8 kg/m^3$ .  
 539.  $2,92 kg/m^3$ .  
 540.  $1,5 \cdot 10^5$  Pa.  
 541.  $4,9 \cdot 10^{-3}$  J; 2,3 Pa.  
 542.  $3,6 \cdot 10^{-6}$  J.  
 543.  $3,6 \cdot 10^{-3}$  J.  
 544. 1,96 cm.

$$545. \Delta h = \frac{2\alpha |\cos \vartheta|}{\rho g} \cdot \frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} = 11 \text{ mm.}$$

546. Kasvab suurem mull; 0,4 cm; väiksemal mullil kahaneb  $4,02 \cdot 10^{-4}$  J, suuremal kasvab  $2,01 \cdot 10^{-4}$  J võrra.

547.  $1,015 \cdot 10^5$  Pa (762 mm Hg).

548. 2,94 cm.

549. 5,7 cm.

550. 4,6 cm.

551. 0,28 cm.

552. a) 18 cm; b)  $\sim 20$  cm,

553. 2,04 cm.

554. 58,2 mN.

Kirjandus

1. Faucher, R. Physique I et II. Paris, 1961.
2. Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Рабинович М.С., Савухин Д.В., Четверикова Е.С. Сборник задач по общему курсу физики. Молекулярная физика и термодинамика. М., 1960.
3. Hajko, V. Physik in Beispielen. Leipzig, 1969.
4. Иродов И.Е., Савельев И.В., Замва О.И. Сборник задач по общей физике. М., 1975.
5. Lindner, H. Physikalische Aufgaben. Leipzig, 1961.
6. Новодворская Е.М. Методика проведения упражнений по физике. М., 1970.
7. Сахаров Д.И. Сборник задач по физике. М., 1963.
8. Стрелков С.П., Эльцин И.А., Яковлев И.А. Сборник задач по общему курсу физики. Механика. М., 1960.
9. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. М., 1976.



## Sisukord

I. Mehaanika.....	3
1. Sirgjoonelise liikumise kinemaatika .....	3
2. Liikumine Maa raskusväljas .....	6
3. Kõverjoonelise ja ringliikumise ki- nemaatika .....	11
4. Kulgliikumise dünaamika .....	14
5. Töö ja energia. Energia ja impulsi jäävus .....	20
6. Ringliikumine ja gravitatsioon ....	29
7. Staatika .....	33
8. Jäiga keha pöörlemine .....	38
9. Võnkumised .....	45
10. Lained .....	53
11. Elastsed deformatsioonid .....	58
12. Vedelike ja gaaside mehaanika .....	60
II. Molekulaarfüüsika .....	65
1. Ideaalsete gaaside molekulaarkinee- tiline teooria .....	65
2. Termodünaamika .....	72
3. Molekulaarjõud gaasides ja vedelikes Lisad .....	81
Ülesannete vastused .....	86
Kirjandus .....	94
	115